

Diogo Chitolina

**DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE VIRTUAL DE
ENSINO E APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DA
RELATIVIDADE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Chitolina, Diogo

Desenvolvimento de um ambiente virtual de ensino
e aprendizagem para o ensino da relatividade /
Diogo Chitolina ; orientador, Paulo José Sena dos
Santos, 2017.

192 p.

Dissertação (mestrado profissional) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Relatividade Galileana.
3. Relatividade Restrita. 4. Ambiente Virtual de
Ensino e Aprendizagem. 5. Ensino de Física. I.
Santos, Paulo José Sena dos. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Física. III. Título.

Diogo Chitolina

**DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE VIRTUAL DE
ENSINO E APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DA
RELATIVIDADE.**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de **Mestre em Ensino de Física**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 18 de agosto de 2017.

Prof. Oswaldo de Medeiros Ritter, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Paulo José Sena dos Santos, Dr.
Orientador
UFSC/FSC

Prof. José Francisco Custódio Filho, Dr.
Membro titular
UFSC/FSC

Prof. Lucas Nicolao, Dr.
Membro titular
UFSC/FSC

Prof. Frederico Firmo de Souza Cruz, Dr.
Membro externo
UFSC/PPGECT

Dedico esta dissertação à Gabriela, aos meus pais e a minha irmã.

AGRADECIMENTOS

À Gabriela, agradeço pela cumplicidade, companheirismo, paciência e por continuar ao meu lado diante de tudo o que já passamos juntos.

Aos meus pais, pois mesmo não tendo oportunidades no passado, mostraram-me a importância de estudar e fizeram o possível para a realização das minhas escolhas.

Ao professor Dr. Paulo José Sena dos Santos, pela orientação, paciência, disponibilidade e sabedoria. Sem sua orientação este trabalho jamais tomaria forma.

Aos professores do programa de mestrado profissional em ensino de Física da UFSC de Florianópolis, por terem sacrificado seus finais de semana exercendo a nobre função de ensinar e pelo entusiasmo em apostar no curso, sabendo que essa seria uma das poucas oportunidades que professores teriam para continuar estudando sem precisar afastar-se do seu emprego.

Aos meus amigos e familiares, pelo incentivo e por compreender minha ausência durante o tempo em que me dediquei ao mestrado.

Aos estudantes do curso técnico integrado em agroindústria do IFSC - Campus São Miguel do Oeste, das turmas “1” e “2”, por toda a aprendizagem ao longo dos três anos em que fui seu professor e pela colaboração admirável e brilhante para a execução deste trabalho.

À UFSC, pelas oportunidades de formação que tenho tido desde o meu ingresso na licenciatura em Física.

Aos meus colegas de mestrado, por compartilharmos os desafios impostos pelo curso de forma cooperativa.

Ao Campus São Miguel do Oeste do Instituto Federal de Santa Catarina, meu local de trabalho, pelo apoio e incentivo na execução deste projeto.

À Sociedade Brasileira de Física pela iniciativa do MNPEF.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual seria impossível cruzar semanalmente o estado de Santa Catarina, em condições mínimas, para assistir as aulas e voltar apto para mais uma semana de trabalho

É imensa a distância entre o livro impresso e o livro lido, entre o livro lido e o livro compreendido, assimilado, sabido! Mesmo na mente lúcida, há zonas obscuras, cavernas onde ainda vivem sombras. Mesmo no novo homem, permanecem vestígios do homem velho.

(Gaston Bachelard, 1996)

RESUMO

Cada vez mais modernas e de acesso facilitado, as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) têm ganhado mais espaço nos ambientes formais de ensino e aprendizagem. Vindo ao encontro da modernização curricular, a abordagem de temas relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC) ganha novas metodologias e formas de abordagem quando associada às TDIC. O presente trabalho visa discutir a abordagem da relatividade em turmas do ensino médio, discorrer sobre o emprego das TDIC como metodologia didática, apresentar o processo de construção, aplicação e análise de um Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) voltado para o ensino da relatividade, além de elaborar um guia para docentes que pretendem aplicá-lo em suas classes. A proposta consiste na utilização da plataforma Moodle, explorando suas possibilidades metodológicas durante a abordagem do conjunto de conhecimentos que abarcam a relatividade galileana e a relatividade restrita. O AVEA foi aplicado em duas turmas concluintes do ensino técnico integrado ao ensino médio de uma escola pública federal ao longo de 4 meses. Através de uma análise qualitativa das respostas discursivas, verificou-se indicativos positivos de participação e rendimento dos estudantes. A análise das respostas do questionário de avaliação final revelou ótima aceitabilidade e usabilidade do AVEA pelos estudantes, sugerindo este AVEA como uma possibilidade metodológica para o ensino e aprendizagem do conceito de relatividade

Palavras-chave: Relatividade. Tecnologias digitais de informação e comunicação. Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem.

ABSTRACT

Digital information and communication technologies (DICT) have become more and more modern and accessible, and thus has gained more space in formal teaching and learning environments. In line with the process of curricular modernization, the approach of themes related to modern and contemporary physics (MCP) benefits from new methodologies and approaches when associated with DICT. The present work intends: to discuss the approach of relativity in high school classes; to discuss the employment of DICT as a didactic methodology; to present the process of construction, implementation and analysis of a virtual learning environment (VLE) on teaching of relativity and, to develop a step-by-step guide for teachers who want to apply the VLE in their classes. The objective of this proposal is to explore the methodological possibilities of Moodle platform during the teaching process of a set of knowledge connected with Galilean relativity and special relativity. The VLE was applied in two final high school classes of a federal public school over 4 months. Through a qualitative analysis of discursive answers, it was verified positive evidences about students' participation and performance. The analysis of discursive responses reveals great acceptability and usability of VLE by the students, suggesting that VLE is a methodological possibility for teaching and learning the concept of relativity.

Keywords: Relativity. Digital information and communication technologies. Virtual learning environment .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de navegação numa lição do Moodle	46
Figura 2 - Página inicial do AVEA	50
Figura 3 – Tela inicial do tópico 1	51
Figura 4 – Fragmento da primeira lição do tópico 1 evidenciando os botões de navegação.....	53
Figura 5 – Tela inicial do tópico 2	54
Figura 6 – Tela inicial do tópico 3	57
Figura 7 – Primeiro fórum de discussão do tópico 3.....	59
Figura 8 – Segundo fórum de discussão do tópico 3.....	60
Figura 9 – Recorte da lição que apresenta a comparação entre o diagrama de forças que atuam no pêndulo para o trem parado e para o trem em movimento uniforme	61
Figura 10 - Recorte da lição que introduz a análise da dinâmica do pêndulo a partir de um referencial não inercial.....	62
Figura 11 – Tela inicial do tópico 4	64
Figura 12– Tela inicial do tópico 5	65
Figura 13 – Experimento mental: objeto com velocidade “superluminal”	66
Figura 14 – Trecho da discussão utilizando argumentos geométricos ..	68
Figura 15 – Recorte da discussão sobre a contração espacial	70
Figura 16 - Relação entre as respostas da questão 10 e os agrupamentos iniciais	80
Figura 17 – Recorte da descrição da segunda atividade presente na lição do tópico 1.....	81
Figura 18 – Captura de um quadro do vídeo utilizado no terceiro exercício	83
Figura 19 - Distribuição percentual do aproveitamento das atividades do tópico 1.....	86
Figura 20 – Proposta da primeira tarefa do tópico 3	92
Figura 21 – Quadro do vídeo ilustrando o comportamento do pêndulo no momento da aterrissagem.....	94
Figura 22 – Experimento mental proposto como motivador para a realização da quarta tarefa.....	99
Figura 23 – Proposta da sexta tarefa do tópico 3.....	103
Figura 24 - Exemplos de respostas apresentadas à sexta tarefa do tópico 3, onde A1 e A2 representam diagramas de forças considerados corretos e B1 e B2 exemplos de respostas incorretas.....	104
Figura 25 - Distribuição percentual de participantes que responderam as respectivas atividades com bom aproveitamento no tópico 3	109

Figura 26 – Recorte da fase de avaliação dos textos durante a execução da tarefa “Laboratório de avaliação”.....	111
Figura 27 – Contextualização e proposta de participação no fórum do tópico 5 do AVEA	112
Figura 28 – Primeiro questionamento da lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5	115
Figura 29 - Segundo questionamento da lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo”, do tópico 5	116
Figura 30 - Terceiro questionamento da lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5	118
Figura 31 – Distribuição percentual de participantes que responderam as respectivas atividades com bom aproveitamento no tópico 5	123
Figura 32 – Frequência de respostas para as questões 3 e 4 do questionário de avaliação do AVEA.....	124
Figura 33 - Frequência de respostas para as questões 5, 6 e 7 do questionário de avaliação do AVEA.....	125
Figura 34- Frequência de respostas para as questões 8 e 9 do questionário de avaliação do AVEA.....	127
Figura 35 – Gráfico ilustrando a divisão de compreensão apresentada pelos estudantes ao responder a questão 11	129
Figura 36 – Preferência pelo tipo de atividade apontado pelos estudantes nas respostas da questão 11.....	129
Figura 37 – Preferência pelo conteúdo apontado pelos estudantes nas respostas da questão 11	130
Figura 38 – Listagem das principais dificuldades de utilização do AVEA apresentadas pelos estudantes	132
Figura 39 – Frequência de sugestões para a melhoria do AVEA apresentadas como resposta para a questão 16	133
Figura 40 – Frequência de justificativas apresentadas pelos estudantes para o questionamento 17	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Respostas selecionadas do grupo 1 apresentadas na primeira tarefa do tópico 1.....	75
Quadro 2 – Respostas selecionadas do grupo 2 apresentadas na primeira tarefa do tópico 1.....	76
Quadro 3 – Respostas selecionadas do grupo 3 apresentadas na primeira tarefa do tópico 1.....	76
Quadro 4 – Respostas para a questão 10 apresentadas na segunda atividade do tópico 1	77
Quadro 5 – Resposta, feedback e tréplica para a segunda atividade do tópico 1.....	78
Quadro 6 – Exemplos de respostas consideradas corretas para o segundo exercício do tópico 1	82
Quadro 7 – Seleção de respostas consideradas corretas para a terceira atividade do tópico 1	83
Quadro 8 - Seleção de respostas consideradas corretas com ressalvas para a terceira atividade do tópico 1.....	84
Quadro 9 - Seleção de respostas consideradas incorretas para a terceira atividade do tópico 1	84
Quadro 10 – Recorte do texto produzido pela turma 1 na atividade wiki ilustrando o uso do conceito de referencial	88
Quadro 11 - Recorte do texto produzido pela turma 2 na atividade wiki ilustrando o uso do conceito de referencial	89
Quadro 12 - Recorte do texto produzido pela turma 1 na atividade wiki referindo-se aos referenciais inercial e não inercial	89
Quadro 13 - Recorte do texto produzido pela turma 2 na atividade wiki diferenciando referenciais inerciais de não inerciais.....	89
Quadro 14 – Recorte de respostas apresentadas na primeira tarefa do tópico 3.....	93
Quadro 15 - Recorte de respostas abordando a não inclinação do pêndulo na primeira tarefa do tópico 3.....	93
Quadro 16 – Recortes de respostas que apresentam a aceleração do avião como causa da inclinação do pêndulo.....	95
Quadro 17 - Recortes de respostas que apresentam a variação da velocidade do avião como causa da inclinação do pêndulo	95
Quadro 18 - Recortes de respostas que apresentam o pêndulo como equipamento para detecção do MRUV	96

Quadro 19 – Encadeamento de participação dos estudantes da turma 2 em um dos tópicos propostos no fórum “experimento mental 1”	97
Quadro 20 - Encadeamento de participações de um grupo de estudantes num dos tópicos propostos no fórum “experimento mental 2”	100
Quadro 21 – Proposta da quinta tarefa do tópico 3	101
Quadro 22 – Recortes de respostas indicando concordância com a relatividade galileana	102
Quadro 23 – Recortes de respostas indicando o não cumprimento de objetivos para a atividade proposta	102
Quadro 24 – Encadeamento de participações no fórum de discussão proposto pelo estudante 22 da turma 1 tratando dos limites da relatividade galileana	106
Quadro 25 – Recortes de participações em fóruns de discussão da sétima tarefa do tópico 3 indicando o uso do conceito de força inercial	107
Quadro 26 – Encadeamento de participações no fórum de discussão proposto pelo estudante 02 da turma 1 tratando dos limites da relatividade galileana	108
Quadro 27 – Discussão proposta pelo estudante 08 no fórum do tópico 5 destacando a estranheza entre estudantes diante de suposta violação do princípio da causalidade.....	113
Quadro 28 – Discussão proposta pelo estudante 02 no fórum do tópico 5 destacando a estranheza entre estudantes diante de suposta violação do princípio da causalidade.....	113
Quadro 29 - Discussão proposta pelo professor no fórum do tópico 5	114
Quadro 30 – Respostas selecionadas que foram apresentadas para o segundo questionário presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo”, do tópico 5	116
Quadro 31 - Respostas selecionadas indicando a percepção clássica do tempo apresentadas no terceiro questionário presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5.....	119
Quadro 32 - Respostas selecionadas indicando percepção diferente da clássica para o tempo apresentadas no terceiro questionário presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5	119
Quadro 33 – Proposta da última atividade presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5.....	120
Quadro 34 – Seleção de respostas consideradas corretas para a quinta tarefa presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5	120

Quadro 35 - Resposta considerada equivocada para a quinta tarefa presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo”, do tópico 5	121
Quadro 36 – Conteúdos de algumas respostas apresentadas pelos estudantes para a questão 10 do questionário de avaliação do AVEA	128
Quadro 37 - Conteúdos de algumas respostas apresentadas pelos estudantes que indicaram gostar das atividades colaborativas	130
Quadro 38 - Conteúdos de algumas respostas apresentadas pelos estudantes que indicaram não gostar das atividades colaborativas	131
Quadro 39 - Conteúdos de algumas respostas apresentadas pelos estudantes para a questão 14 do questionário de avaliação do AVEA	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVEA – Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem
CAAE – Certificado de apresentação para apreciação ética
FMC – Física Moderna e Contemporânea
IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina
MEC – Ministério da Educação
MOODLE - Modular object-oriented dynamic learning enviroment¹
MRU – Movimento retilíneo uniforme
MRUV – Movimento retilíneo uniformemente variado
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD – Plano nacional do livro didático
TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido
TIC – Tecnologias de informação e comunicação
TDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TRR – Teoria da Relatividade Restrita

¹ Ambiente virtual de aprendizagem dinâmica orientado por objetos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 POR QUE ABORDAR A RELATIVIDADE?	29
2.1 SOBRE O PRINCÍPIO DA RELATIVIDADE GALILEANA	29
2.2 SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA	32
3. O USO DAS TDIC NO ENSINO DE FÍSICA	39
3.1 SOBRE AS TDIC	39
3.2 AS TDIC NO ENSINO DA FÍSICA	41
3.3 A PLATAFORMA MOODLE.....	42
3.3.1. As ferramentas do Moodle	44
4 O AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO E APRENDIZAGEM. ..	49
4.1 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO AVEA	49
4.1.1 Tópico 1: Movimento ou repouso?	50
4.1.2 Tópico 2: As ideias de Galileu	53
4.1.3 Tópico 3: O princípio da relatividade de Galileu	56
4.1.4 Tópico 4: Um problema na Física?.....	63
4.1.5 Tópico 5: A teoria da relatividade especial.....	65
5 CONTEXTO E METODOLOGIA	71
5.1 O CONTEXTO DE APLICAÇÃO DO PROJETO	71
5.2 OS SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA	72
5.3 METODOLOGIA	72
6 ANÁLISE	75
6.1 ANÁLISE DAS QUESTÕES SOBRE A MECÂNICA CLÁSSICA	75
6.1.1 Análise da primeira tarefa do tópico 1	75
6.1.2. Análise da segunda tarefa do tópico 1	77
6.1.3 Análise da Lição do tópico 1.....	80
6.1.4 Considerações sobre a aplicação do tópico 1	85
6.2 AS IDEIAS DE GALILEU ATRAVÉS DE UMA ATIVIDADE WIKI	86
6.3 SOBRE O PRINCÍPIO DA RELATIVIDADE DE GALILEU	91

6.3.1	Análise da primeira tarefa do tópico 3.....	91
6.3.2.	Análise da segunda tarefa do tópico 3.....	94
6.3.3	Análise da terceira tarefa do tópico 3.....	96
6.3.4	Análise da quarta tarefa do tópico 3	98
6.3.5	Análise da quinta tarefa do tópico 3.....	101
6.3.5	Análise da sexta tarefa do tópico 3	103
6.3.6	Análise da sétima tarefa do tópico 3.....	105
6.3.7	Considerações sobre a aplicação do tópico 3	109
6.4	LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO: UM PROBLEMA NA FÍSICA?	110
6.5	SOBRE A RELATIVIDADE RESTRITA	111
6.5.1	Análise do fórum do tópico 5	111
6.5.2	Análise das atividades ligadas à dilatação temporal	115
6.5.3	Atividades ligadas à contração espacial	122
6.5.4	Considerações sobre a aplicação do tópico 5	122
6.6	ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO AVEA	123
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
	REFERÊNCIAS.....	141
	APÊNDICE A –TCLE destinado aos estudantes	147
	APÊNDICE B - TCLE destinado aos pais e/ou responsáveis.....	151
	APÊNDICE C – Questionário de avaliação do AVEA	155
	APÊNDICE D – Manual de uso do AVEA	157

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, pesquisas na área de ensino de ciências vêm apontando a necessidade de modernização e renovação dos currículos escolares de nível médio, em especial na disciplina de Física, como se observa em Ostermann e Ricci (2002); Guerra, Braga e Reis (2007); Pereira e Ostermann (2009), Borges (2005), entre outros. Essa modernização acontece tanto em relação ao currículo, com a inserção de conhecimentos de ponta que abrangem teorias da Física Moderna e Contemporânea (FMC), quanto no que diz respeito a melhorias nos métodos de abordagens desses conhecimentos em ambientes formais e informais de aprendizagem.

Como é observado por Terrazzan e Strieder (1997), os currículos da Física para o ensino médio têm permanecido inalterados e tradicionais ao longo de décadas. Enquanto o acesso a novas tecnologias e fontes de informação aumentam, as escolas continuam apresentando currículos e abordagens bastante defasados. O conhecimento de temas de FMC, para Cavalcante et al. (1999), aparece como necessidade visto que o sujeito precisa compreender os fatos, o funcionamento dos equipamentos, as técnicas, tecnologias e teorias que influenciam o cotidiano da sociedade. Percebe-se isso de forma clara quando Terrazzan expõe que:

A influência crescente dos conteúdos de FMC para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a interação consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mundo, define por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de nível médio (TERRAZAN, 1992, p. 210).

Outro aspecto importante é a primordialidade de se despertar uma real compreensão sobre o papel da ciência na sociedade atual. Ao apresentar a ciência como um empreendimento humano em constante reelaboração, cuja construção está atrelada ao contexto histórico, filosófico, social e cultural, permite-se esclarecer o complexo processo que sustenta a construção de uma nova teoria. Partindo desta perspectiva, de que a ciência e suas teorias não são fruto de um método científico engessado, baseadas em observações neutras feitas somente por “gênios”, marcadas pelo caráter dogmático e infalível, pretende-se evitar as visões

simplistas que acabam prejudicando o entendimento da natureza da ciência.

Outro fator relevante que justifica a importância da abordagem de tais conhecimentos no ensino médio situa-se no caráter de terminalidade do estudo de temas da Física para grande parcela de estudantes, ou seja, a maioria dos alunos dificilmente voltarão a estudar Física depois do ensino médio e, dificilmente entrarão em contato com fontes de conhecimento confiáveis. É imprescindível que esses conhecimentos se façam presentes no arcabouço cultural de sujeitos que não optarão pela carreira científica.

Com a popularização da Internet e o fácil acesso a dispositivos eletrônicos que permitem comunicações e trocas de informações rápidas, é comum encontrar alunos que trazem questionamentos relacionados a conceitos de FMC para as aulas de Física. É preciso utilizar o interesse e a curiosidade natural pela FMC como apelo motivacional para o aprendizado da ciência, provocando um entusiasmo duradouro pela busca de respostas. Ademais, o ensino de conceitos de FMC pode possibilitar aos estudantes uma melhor compreensão dos conceitos da Física clássica, tendo em vista que suas origens partem de limitações apresentadas por um conjunto teórico que é provisório por natureza.

Ao mesmo tempo em que se observa um intenso movimento pela modernização dos currículos da Física, questiona-se então qual é a causa da defasagem observada nas classes desta ciência. A formação dos professores no Brasil tem apresentado grandes avanços nos últimos anos, havendo, no entanto, alguns aspectos que ainda precisam ser melhorados. Apesar do número de pesquisas envolvendo o ensino de ciências ter aumentado nas últimas décadas e a disponibilização de materiais educacionais que tratam de temas atuais da Física ter progredido significativamente, percebe-se que estas novas perspectivas são empreendidas de forma ineficiente nos cursos de formação inicial de docentes. Conforme Delizoicov et al. (2009), a formação de professores no Brasil está mais próxima dos anos 70 do que de hoje para a maioria dos cursos de licenciatura. Isso acaba influenciando a continuidade dos tradicionalismos curriculares e metodológicos no ensino médio.

Com a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em 1999, indicando a necessidade da abordagem dos conhecimentos da Física desenvolvidos no século XX e posterior, verifica-se um aumento no número de livros didáticos abordando temas como a Teoria da Relatividade Restrita (TRR), a estrutura da matéria, a cosmologia, entre outros, visando atender às recomendações do Ministério da Educação (MEC). Nota-se também que nos últimos anos houve um aumento na

construção e disponibilização on-line de materiais didáticos, paradidáticos, animações e simulações computacionais, dentre outros objetos de ensino, que são fundamentais para que o professor consiga instruir-se, planejar suas atividades de docência e abordar os respectivos conteúdos com metodologias diferenciadas. Apesar do acesso a esses materiais ter aumentado, percebe-se que sua implantação e uso nas classes de Física ainda é incipiente.

As tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) tem se constituído nos últimos anos como um conjunto de ferramentas que auxiliam os processos de ensino e aprendizagem. O uso de equipamentos e aplicativos, conectados ou não à Internet, possibilitam múltiplas oportunidades de abordagens que rompem com os tradicionalismos e auxiliam a construção de situações de aprendizagem potencialmente significativas. Devido a isso, o Moodle (*Modular object-oriented dynamic learning enviromen²*), por constituir-se uma plataforma que abarca diversas ferramentas que possibilitam a construção e implantação dessas situações de aprendizagem, será utilizado neste trabalho para dar suporte ao ambiente virtual de ensino e aprendizagem.

Por envolver uma pesquisa com alunos, o presente estudo, vinculado ao projeto intitulado: “Desenvolvimento de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem para o ensino da teoria da relatividade”, foi submetido e aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal de Santa Catarina sob o certificado de apresentação para apreciação ética (CAAE) número: 53260016.5.0000.0121.

Após esta introdução, o segundo capítulo apresenta uma discussão sobre a justificativa da abordagem de um princípio da relatividade inerente às leis da Física no ensino médio. É apresentado também um panorama sobre a relatividade galileana e a relatividade especial. Para tratar do uso das tecnologias digitais de informação e comunicação nos processos de ensino e aprendizagem, no terceiro capítulo é apresentada a plataforma Moodle, com suas ferramentas e possibilidades para a construção de Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEA).

O quarto capítulo trata da apresentação dos tópicos, atividades e demais ferramentas empregadas na construção do AVEA, enquanto que o quinto capítulo versa sobre o contexto no qual o AVEA foi concebido e aplicado, detalha o perfil dos estudantes participantes da pesquisa e discute a metodologia adotada para análise dos resultados.

² Ambiente virtual de aprendizagem dinâmica orientado por objetos (Tradução minha)

E por fim, antes das conclusões, o sexto capítulo apresenta as análises das atividades propostas e os resultados obtidos por meio da aplicação do AVEA. Cabe ressaltar que o apêndice 4 apresenta um manual de instruções de uso do AVEA, com indicações aos professores que desejam implementá-lo em sua escola.

2 POR QUE ABORDAR A RELATIVIDADE?

Na introdução deste trabalho, comentou-se de forma breve sobre a importância da inserção de conteúdos de FMC na formação escolar de nível médio. Neste capítulo, serão apresentados alguns argumentos que amparam e justificam a importância da abordagem de um princípio de relatividade inerente às leis da Física e, a partir das limitações da relatividade galileana, abrir caminhos para a TRR, um dos pilares da FMC.

2.1 SOBRE O PRINCÍPIO DA RELATIVIDADE GALILEANA

Em 1630, Galileu Galilei publica o *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*, onde, por meio de um diálogo entre três personagens³, apresenta uma nova visão sobre o estudo dos movimentos e argumenta a favor do sistema copernicano. Segundo Pires (2011),

Ele não discute no livro os aspectos técnicos e as dificuldades do sistema copernicano; seu objetivo não é introduzir o modelo, mas remover as objeções a ele. Embora faça a teoria heliocêntrica parecer mais plausível, não prova realmente sua validade [...]. Afirma que não pretende provar a mobilidade da Terra, mas somente mostrar que, dos argumentos de imobilidade nada se pode provar (PIRES, 2011, p. 131).

Entre outros pontos importantes abordados nesta obra, Galileu apresenta uma primeira ideia de inércia que, posteriormente, viria a ser lapidada por Isaac Newton e outros estudiosos até aproximar-se da forma como é entendida atualmente. Como exemplo, pode-se citar um trecho bastante conhecido do “Diálogo”, onde Galileu apresenta uma discussão entre os três personagens acerca do movimento de uma esfera que é primeiramente abandonada num plano inclinado, depois lançada para cima sobre esse mesmo plano e posteriormente abandonada num plano horizontal. Em suma, Salviati questiona sobre o que acontece com a esfera em cada uma das situações. Simplicio responde indicando que, na

³ Salviati, que representa o próprio Galileu; Simplicio, que representa o pensamento comum e Sagredo representando um leigo inteligente.

descida, a esfera realiza um movimento natural aumentando sua velocidade gradativamente tão inclinado fosse o plano, e que na subida, o movimento acontece depois que é impresso na esfera um impulso inicial que vai enfraquecendo até anular-se na altura máxima. E é no caso da superfície horizontal que Galileu apresenta sua versão do conceito de inércia.

De acordo com a lei propriamente “galileana” de inércia, se uma partícula ficasse livre de influências externas, perseveraria-se em movimento circular sobre a superfície lisa da Terra, pois somente nesta superfície todos os pontos estariam igualmente afastados do centro não possuindo assim, em nenhuma parte, nem subida nem descida. Somente para pequenas distâncias o movimento poderia ser considerado retilíneo (TAKIMOTO, 2009, p.75).

Galileu aproveita o exposto para colocar a superfície do oceano, quando calmo e tranquilo, como uma superfície onde seu princípio de inércia “circular” poderia ser visualizado e ilustra a situação de um navio posto para navegar nesta superfície:

Salviati — Um navio que navegue na calmaria do mar é um daqueles móveis que transita sobre uma daquelas superfícies que não são nem aclives nem declives e, por isso, está em condição, quando lhe fossem removidos todos os obstáculos acidentais e externos, de mover-se contínua e uniformemente com o impulso que lhe foi dado (GALILEI, 2011, p. 229).

Nesta etapa, Galileu retoma a situação da pedra abandonada a partir do topo do mastro do navio, discutida anteriormente entre seus personagens, onde fala: “[...] movendo-se aquela pedra com um movimento que lhe foi indelevelmente impresso, não deixa, mas antes segue o navio e, por último, cai no mesmo lugar onde cai quando o navio está parado” (GALILEI, 2011, p. 231). Esta é uma dentre diversas passagens nas quais Galileu apresenta a completa indistinguibilidade entre os estados de movimento e repouso absolutos.

Em outra passagem⁴, Galileu discute a realização de experiências no interior do navio com o objetivo de mostrar a nulidade de todas as propostas experimentais elaboradas para justificar o modelo geostacionário. Neste contexto, ao desenvolver a ideia relacionada à impossibilidade de detecção do repouso ou do movimento retilíneo uniforme por meio de qualquer experiência mecânica realizada no interior do navio, Galileu dá forma ao princípio galileano de relatividade.

Segundo Takimoto (2009), o entendimento do princípio da relatividade dos movimentos, enunciado previamente por Copérnico, foi imprescindível para Galileu responder às abjeções contrárias a um possível movimento terrestre. Junto disso, ao indicar que repouso e movimento passam a ser considerados relativos, onde um só pode ser definido em relação ao outro, Galileu enfatiza a necessidade de um referencial para a análise cinemática e afasta-se definitivamente da concepção peripatética⁵ de movimento.

Uma vez que a definição de movimento e repouso esteja vinculada a um referencial inercial e, através das transformações de Galileu uma situação descrita a partir de um referencial inercial possa ser descrita a partir de outro sem efeito sobre as leis da mecânica, presume-se que não existam lugares privilegiados no espaço. Desta forma, as leis da Física podem ser aplicadas em qualquer ponto deste espaço originando sempre as mesmas relações. Conforme Nussenzveig (2002), as leis da mecânica são covariantes por transformações de Galileu. Surge então uma nova interpretação para o princípio da relatividade de Galileu, na qual entende-se que as leis da mecânica são as mesmas em relação a todos os referenciais inerciais.

O princípio galileano de equivalência entre dois referenciais inerciais em movimento relativo derruba a ideia de movimento absoluto e revela a presença de um princípio de relatividade ainda na mecânica clássica.

Com efeito, caso as leis da mecânica sejam aplicadas em referenciais acelerados, ou seja, não inerciais, somente apresentarão validade mediante a adição de fatores de correção. Como exemplo, observa-se que na descrição do movimento a partir de um referencial giratório, devem ser adicionadas as forças inerciais centrífuga e de Coriolis. Esse fato revela uma limitação do princípio da relatividade galileana.

⁴ GALILEI, Galileu. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. São Paulo: Editora 34, 2011, p.267.

⁵ Relativo à filosofia e o pensamento ligados à escola aristotélica.

Pressupõe-se que ao apresentar um princípio da relatividade inerente às leis da mecânica clássica, junto dos fatores que indicam suas limitações de aplicação, descortina-se a possibilidade de discussão sobre um novo princípio de relatividade mais abrangente.

Certamente, a relatividade galileana possui vínculos com a relatividade especial de Einstein. Galileu, por exemplo, ao buscar uma nova filosofia da natureza, recorreu a experimentos idealizados para justificar seu pensamento, da mesma forma que Einstein utilizou os “*gedankenexperiment*”⁶ (SEIXAS, 2005). Ao resgatar o princípio da relatividade de Galileu, enfatizando seu papel no desenvolvimento da mecânica newtoniana e apresentando possibilidades de falsear a teoria expondo seus domínios limitados de validade, viabiliza-se a discussão deste novo princípio de relatividade não como uma imposição descontextualizada, mas sim como um processo natural de desenvolvimento teórico.

2.2 SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Apesar de acarretar enormes modificações no entendimento de elementos imprescindíveis na fundamentação da Física clássica, como o tempo e o espaço por exemplo, a TRR surgiu de algumas inconsistências na eletrodinâmica e na óptica. A influência mecanicista que permeou o meio científico do século XIX e início do século XX ilustra o quanto foram tortuosos os caminhos percorridos para se introduzir novas teorias e modificar o pensamento científico vigente. O éter, suposto meio mecânico pelo qual as ondas luminosas deveriam se propagar, colabora para verificarmos essa afirmação.

Em síntese, Martins (2015) aponta que as equações básicas do eletromagnetismo foram, a priori, concebidas como leis aplicáveis em referenciais inerciais em relação ao éter. De modo que, “imaginava-se, inicialmente, que os fenômenos eletromagnéticos poderiam ser diferentes quando estudados em relação a referenciais em movimento em relação ao éter” (MARTINS, 2015, p 22). Em outras palavras, as equações de Maxwell para o eletromagnetismo seriam variantes conforme o referencial de aplicação. Entretanto, a existência do éter “luminífero” como um referencial privilegiado implicaria na possibilidade de medição de um movimento retilíneo uniforme em relação a ele (NUSSENZVEIG, 1998). Diversos experimentos foram idealizados para tal comprovação, o mais sofisticado e significativo seria o realizado por Michelson e Morley

⁶ Experimentos mentais

(1887), por meio do qual, seguindo a relatividade galileana, poderiam ser detectadas diferenças no valor da velocidade da luz nos diferentes braços do interferômetro, tendo em vista a influência da velocidade de translação da Terra. Contudo, nenhum desses experimentos conseguiu provar a existência do éter, tampouco negá-la. Além disso, as diversas tentativas de preservar a hipótese do éter, as propostas de Lorentz e Fitzgerald para a contração espacial, as tratativas sobre o tempo apresentadas por Poincaré, entre outros fatores, elucidam a importância que o éter teve na construção da TRR, mas também a necessidade dos físicos de utilizar um ente mecânico para fundamentar suas teorias.

Em 1905, Albert Einstein publica o artigo intitulado: Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento⁷, no qual introduz dois postulados:

[...] as tentativas sem sucesso de verificar que a Terra se move em relação ao “meio luminoso” [éter] levaram a conjectura de que, não apenas na mecânica, mas também na eletrodinâmica, não há propriedades observáveis associadas à ideia de repouso absoluto, mas as mesmas leis eletrodinâmicas e ópticas se aplicam a todos os sistemas de coordenadas nos quais são válidas as equações da mecânica [...] Elevaremos essa conjectura (cujo conteúdo será daqui por diante chamado de “princípio da relatividade”) à posição de um postulado; e, além disso, introduziremos um outro postulado que é apenas aparentemente inconsistente com o primeiro, a saber, que a luz no espaço vazio sempre se propaga com uma velocidade definida V que é independente do estado de movimento do corpo que a emite (EINSTEIN, 1905 apud MARTINS, 2015, p18).

Chama atenção o fato de Einstein basear sua teoria em postulados, ou seja, sua proposta teve como ponto de partida princípios que não são provados pela própria teoria. Caso algum experimento invalidasse algum desses postulados, toda a sua teoria desabaria (MARTINS, 2015). De acordo com Bohn (2012),

⁷ EINSTEIN, Albert. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. *Annalen der physik*, 17, 1905, p. 891 - 921.

O avanço fundamental de Einstein foi a adoção de uma abordagem relacional da Física. Em vez de supor que a tarefa da Física seja o estudo de uma substância absoluta subjacente do universo (como o éter), sugeriu que ela consiste apenas no estudo das relações diversas entre os diversos aspectos desse universo, relações estas que são, em princípio, observáveis (BOHN, 2012, p.16).

A partir de dois postulados simples, um propondo que as leis da Física devem ser as mesmas quando aplicadas em referenciais inerciais e o outro assumindo que a velocidade da luz independe da velocidade da fonte emissora, desdobra-se uma série de consequências contra-intuitivas e que contrariam as bases da mecânica clássica.

[..] pode-se ver claramente que a Teoria da Relatividade (especial) surgiu da eletrodinâmica e da óptica. Nestes domínios ela não modificou muita coisa nos enunciados da teoria, mas simplificou significativamente o edifício teórico, isto é, a derivação das leis. O que é ainda incomparavelmente mais importante: reduziu drasticamente o número das hipóteses mutuamente independentes sobre os quais a teoria repousa. Ela tornou a teoria de Maxwell-Lorentz tão plausível, que teria sido universalmente aceita pelos físicos mesmo que a experiência não tivesse falado com tanta eloquência em seu favor. (EINSTEIN, 1999, p. 41).

Ao agir de modo diferente dos demais físicos contemporâneos, “ignorando” o éter, Einstein propõe uma ruptura com o caráter absoluto do tempo e do espaço, modificando conceitos enraizados na Física e vivenciados no senso comum. A TRR introduz uma velocidade limite na natureza, relativiza o conceito de simultaneidade, relaciona a massa de um objeto com a sua energia, explica a contração espacial e a dilatação temporal, elimina as assimetrias até então presentes na eletrodinâmica e desvenda outros tantos efeitos a partir da ótica relativística.

A TRR provocou uma mudança brusca na forma de interpretar os fenômenos da natureza, tanto que na introdução do seu livro, Bachelard

(1996) aponta que o ano de 1905 inaugura uma nova era, por ele considerada como a era do “novo espírito científico”. Este “novo espírito científico” teria surgido com a relatividade restrita de Einstein, que desfigura conceitos fundamentais tidos como consolidados e permanentes. Segundo ele, “[...] A partir desta data, a razão multiplica suas objeções, dissocia e religa as razões fundamentais, propõe as abstrações mais audaciosas [...]” (BACHELARD, 1996, p. 9).

Estas modificações nos padrões de raciocínio causadas pela TRR, por si só justificam sua abordagem na educação básica. Entretanto, em 2001, em sua dissertação de mestrado, Rodrigues faz um levantamento bibliográfico examinando os principais trabalhos contemporâneos que abordaram o ensino da TRR. Como indicativo, o autor apresenta alguns aspectos que fundamentam a inserção da TRR no ensino médio:

A inserção da TRR se funda basicamente em três aspectos: a mudança de padrão de raciocínio e interpretação da realidade aliada a abstração e sofisticação do pensamento graças a concepção de tempo como uma quarta dimensão; a possibilidade desta teoria servir de porta de entrada para outros tópicos da FMC e, finalmente, pela necessidade de abordagem de um tema tão presente na sociedade através da divulgação científica (RODRIGUES, 2001, p. 42).

Analisando o último aspecto, de fato, as mídias tradicionais como a televisão, os jornais, as revistas de divulgação científica, entre outras, aliadas às TDIC, na atualidade, tiveram e têm um papel fundamental na inserção da TRR no cotidiano da população mundial. É raro encontrar pessoas que não identifiquem Albert Einstein através de seu retrato, ou que nunca tenham visto a fórmula, atribuída a sua figura. Isso alimenta a figura icônica de Einstein por trás da TRR e fortalece a visão de que a ciência é feita por gênios isolados. Por outro lado, faz com que os estudantes tragam questionamentos relacionados ao tema para as salas de aula de Física.

Para Wolf (2005), A TRR, sustentada pelo papel executado pela mídia, sempre teve grande apelo junto ao público em geral, mesmo que esse apelo venha acompanhado de um esclarecimento limitado sobre o seu real significado. Nesta linha, Rodrigues (2001) propõe os seguintes questionamentos:

De que forma um cidadão, que não compartilha das teorias científicas contemporâneas, pode compreender as informações presentes nas mídias, ou ainda, como pode decodificá-las, visto que desconhece tal linguagem? Como desmitificar as contribuições realizadas por cientistas na atualidade? A solução deve passar por uma revisão da formação ao longo do Ensino Básico (RODRIGUES, 2001, p. 31).

Para tanto, a inserção da TRR nas aulas de nível médio tende a contribuir para a derrubada de mitos ligados ao imaginário estimulado pelas mídias. Isso se dá quando procura-se estabelecer formas de aprendizagem que possibilitam aos estudantes o discernimento entre alguns conceitos básicos da TRR, trazendo significado ao que, muitas vezes, permeia o senso comum.

Outro fator importante para a abordagem da TRR no nível médio é verificado diante da quantidade de informações a que o estudante e a população em geral estão expostos através das mídias. Destaca-se o papel de orientação da escola quando esta insere conhecimentos relacionados ao tema na matriz curricular, permitindo que os sujeitos envolvidos na dinâmica escolar consigam selecionar as informações relevantes das demais.

O segundo aspecto indicado por Rodrigues (2001) refere-se à perspectiva de que a TRR surge como uma porta de entrada para a abordagem dos demais tópicos da FMC. Entretanto, ao contrário do apelo utilitarista dos demais temas ligados a FMC, não há como justificar a inserção da TRR no ensino básico associada puramente à sua utilidade prática.

Conceitos da mecânica quântica, por exemplo, são facilmente associáveis a diversos fenômenos e equipamentos presentes no cotidiano dos estudantes. Já os efeitos explicados pela TRR, pelo contrário, não são nítidos nas observações e vivências diárias. Desta forma, o ensino escolar não deve focar apenas no conhecimento técnico, mas também em uma cultura mais abrangente voltada para a contextualização do fazer científico, para a importância da imaginação do cientista, na quebra da visão de ciência como conjunto de verdades absolutas produzidas por seres humanos especiais. Portanto, discussões a respeito do modo de se fazer ciência, onde a TRR tem um papel distinto, podem potencializar o interesse pela Física e conduzir o processo didático aos demais tópicos da FMC. Além disso, Bohn (2012) chama a atenção para o problema de se

apresentar novas ideias de forma isolada, sem relacioná-las com as ideias anteriormente aceitas. Para ele,

[...] dá a falsa impressão de que a teoria da relatividade está simplesmente no ponto culminante dos desenvolvimentos anteriores e não ressalta adequadamente o fato de que essa teoria se insere numa linha radicalmente nova, que contradiz os conceitos newtonianos ao mesmo tempo que estende a lei Física em novas direções e a novas áreas até então inesperadas (BOHN, 2012, p. 16).

A revolução científica causada pela TRR, assim como todos os elementos que contribuíram para a sua consolidação constituem uma situação oportuna para a discussão sobre o fazer científico. Ao considerar o contexto histórico, social e cultural de sua concepção, pode-se despertar nos estudantes a percepção de que a ciência é resultado de um processo criativo humano, coletivo, consequência de mudanças nos padrões de raciocínios e não de meras observações e experimentações empírico-indutivistas, que não é construída de forma linear acumulando verdades absolutas, como geralmente é apresentada nos livros didáticos, e que precisou confrontar conceitos fortemente enraizados no senso comum e na ciência daquele contexto para causar revoluções e ser aceita pela comunidade científica.

Por outro lado, todos os fatores aqui apresentados expõem tanto a complexidade inerente a uma teoria como a TRR, quanto sua dificuldade de abordagem nas classes de ensino médio. Por constituírem um conjunto de ferramentas diversificadas, produtivas e de amplo acesso, as TDIC, que serão discutidas no próximo capítulo, apresentam-se como uma alternativa relevante para a abordagem da TRR em turmas de nível médio.

3. O USO DAS TDIC NO ENSINO DE FÍSICA

3.1 SOBRE AS TDIC

Ao longo da história, percebemos que a evolução das teorias científicas se estabeleceu por meio de uma ligação estreita com o desenvolvimento tecnológico. Esse entrelaçamento entre ciência e tecnologia viabilizou o desenvolvimento da sociedade na forma como é vivenciada hoje. Um aspecto importante dessa relação entre ciência, tecnologia e sociedade apresenta-se na evolução dos meios de comunicação e informação.

É nítido que, da pintura rupestre à Internet, passando pela comunicação oral e escrita, pelo rádio e televisão entre tantos outros, o ser humano buscou através destes meios, estabelecer relações entre seus pares.

Nas últimas duas décadas, a evolução e a consolidação das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) foram bastante significativas para as relações sociais. Computadores, smartphones, tablets e outras TDIC, conectadas ou não a Internet, estão cada vez mais presentes nas interações sociais e profissionais. Em suma,

Todas as TIC repousam sobre o mesmo princípio: a possibilidade de utilizar sistemas de signos – linguagem oral, linguagem escrita, imagens estáticas, imagens em movimento, símbolos matemáticos, notações musicais, etc. – para representar uma determinada informação e transmiti-la (COLL, MONEREO, 2010, p.17).

Conforme Perrenoud (2000, p. 125), “as novas tecnologias da informação e da comunicação transformaram espetacularmente não só as nossas maneiras de comunicar, mas também de trabalhar, de decidir e de pensar”. As TDIC estabeleceram novas formas de percepção da realidade, de aprender, de construir e difundir conhecimentos e informações.

Nesse contexto, verifica-se uma expansão exponencial das formas de comunicação, principalmente via computadores em rede. Essa expansão ocorre sem delimitação de fronteiras, por diversos espaços, o que propicia trocas de informações e a emergência de diferentes relações

sociais, que interligam realidades reais e virtuais. Isso altera significativamente o meio e favorece o surgimento de relações antes não estabelecidas, que irão tecer uma complexa rede de possibilidades. O endereço dessa complexa rede é nomeado de ciberespaço (COUTO, FONSECA, 2005, p. 55).

O ambiente escolar não está alheio à influência das TDIC.

Nesse sentido, a educação, entendida como um processo complexo que utiliza algum tipo de meio de comunicação, é uma das áreas que sente o forte impacto das transformações que ocorrem com o advento da era das tecnologias digitais, e por isso é necessário percorrer novos rumos para o desenvolvimento inovador de conhecimentos e práticas para atender à educação contemporânea (TEIXEIRA, 2014, p. 30).

Conforme Galvão Filho (2005), no ambiente escolar as tecnologias devem ser vistas como mediações estruturantes, as quais devem estimular o estudante a pensar de forma independente, a pensar sobre sua própria forma de pensar e aprender a aprender. Para o mesmo autor, existem diversas experiências que buscam construir ambientes de aprendizagem ricos e versáteis nos quais o aluno seja o sujeito dos seus próprios processos de aprendizagem, estimulando-o a pensar de forma autônoma. De acordo com Coll e Monereo (2010), “A imagem de um professor transmissor de informação, protagonista central das trocas entre seus alunos e guardião do currículo começa a entrar em crise em um mundo conectado por telas de computador” (COLL; MONEREO, 2010, p.31).

Entretanto, é necessário tomar o cuidado para que não se continue reproduzindo o ensino tradicional, disfarçadamente, por meio das novas tecnologias. É imprescindível que o professor adote a posição de articulador e mediador do conhecimento, evitando-se que, conforme alerta Galvão Filho (2005), as TDIC acabem incentivando a falta de iniciativa, a passividade e a dependência do aluno, podendo, até mesmo, tornar-se um fator de exclusão social.

Com o auxílio das TDIC, o usuário pode ter suas percepções de tempo e espaço modificadas. Ao passo que essas tecnologias conseguem reunir os estudantes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem

(AVEA) e proporcionar ferramentas de comunicação e interação, síncronas e assíncronas, os sujeitos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem conseguem interagir durante um tempo muito mais ampliado, comparado ao tempo delimitado pela organização escolar.

Milligan (1999) destaca que não há uma definição simples para elucidar o que constitui um AVEA. Essencialmente, um ambiente virtual de ensino e aprendizagem consiste em um software armazenado em um servidor de banco de dados, o qual é capaz de, através de páginas web personalizadas, gerir e administrar diversos aspectos relacionados à aprendizagem. O autor supracitado destaca algumas características esperadas para um AVEA como: disponibilização de materiais didáticos para o curso, controle de acesso, acompanhamento dos estudantes através do registro de notas e do progresso do aluno, controle de prazos de entrega para atividades propostas, múltiplos processos avaliativos, variados níveis de comunicação entre os usuários, suporte para uso do ambiente, entre outros.

Diante disso, o Moodle, que já tem seu uso difundido e consolidado na educação a distância, e que nos últimos anos vem sendo empregado no apoio à educação presencial, apresenta-se como uma plataforma importante para a realidade escolar brasileira no que se refere a construção de AVEA.

3.2 AS TDIC NO ENSINO DA FÍSICA

Uma pesquisa elementar nos principais veículos de publicações em ensino de Física pode revelar que ao longo dos últimos anos as TDIC têm aparecido com frequência cada vez maior em investigações voltadas para seu desenvolvimento e aplicação no ensino de ciências. Aliada ao aperfeiçoamento das plataformas digitais de comunicação, a democratização, a melhora da qualidade do acesso à Internet e o alcance facilitado a computadores, tablets, celulares e demais dispositivos, tornam evidente que as TDIC conquistaram um espaço importante no campo educacional.

Conforme McCroy apud Espíndola (2010), quando se procura integrar as TDIC ao processo educativo, o docente busca desde a descomplexificação do seu trabalho até a tentativa de aproximar o estudante do modo como a ciência é produzida. Desta forma, o docente pode utilizar as TDIC tanto como um cientista as utiliza para o desenvolvimento da ciência, quanto como ferramenta pedagógica ao longo do processo educativo. O autor elenca algumas potencialidades das TDIC específicas para o ensino de ciências:

i) acelerar eventos naturais por meio de simulações, ii) agilizar a coleta de dados, iii) ver fenômenos difíceis de visualizar, que não são facilmente visualizados sem o auxílio do computador através de representações com hiperlinks, representações dinâmicas (animações) ou através de modelos e simulações, iv) gravar e organizar dados, v) compartilhar informações em novas organizações de tempo e espaço, vi) comunicação com experts; e vii) ter acesso a dados atualizados (MCCROY, 2008 apud ESPÍNDOLA, 2010, p 71).

3.3 A PLATAFORMA MOODLE

O Moodle (*Modular object-oriented dynamic learning environment*), ou seja, ambiente virtual de aprendizagem dinâmica orientado por objetos, é um software que possibilita a criação e gerenciamento de cursos em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem (AVEA). O Moodle encaixa-se na categoria de software livre, baseado na web, cujo código é aberto e permite que seja distribuído, adaptado e utilizado de forma gratuita. Motivo pelo qual é uma das plataformas de AVEA mais utilizadas em nível mundial tanto em cursos a distância quanto como complemento para as aulas presenciais.

Conforme Lacerda (2013), a primeira versão do Moodle, ainda na década de noventa, surgiu como resultado da tese de doutorado de Martin Dougianan na *Curtin University of Technology*, Austrália. Sua atualização e aperfeiçoamento acontece de forma permanente e colaborativa por programadores espalhados pelo globo.

Segundo Figueira, Figueira e Santos (2009), o Moodle foi idealizado a partir de um modelo educacional conhecido como “construcionismo social”. O modelo construcionista compartilha a ideia do modelo construtivista que entende o desenvolvimento cognitivo como um processo ativo de construção e modificação de esquemas e estruturas mentais. Contudo, o modelo construcionista está alicerçado na concepção de que a aprendizagem só é efetiva quando os conhecimentos adquiridos são utilizados com o intuito de construir algo que será utilizado para que outras pessoas possam experimentar e aprender em cima dessa construção. Nas palavras dos autores:

O construcionismo social estende estas noções a um grupo de indivíduos que constroem coisas uns para os outros, colaborativamente criando uma cultura própria de artefatos e conceitos partilhados. A imersão neste tipo de ambiente leva a que a aprendizagem esteja a ser realizada sistematicamente e a vários níveis. (FIGUEIRA, A; FIGUEIRA, C; SANTOS, 2009, p 16).

Sob esta mesma perspectiva, Silva (2013) aponta que um dos principais objetivos do Moodle consiste em permitir que os processos de ensino-aprendizagem ocorram principalmente pela interação dos sujeitos, e não apenas na interatividade dos conteúdos. Silva ainda afirma que o Moodle pode privilegiar a construção/reconstrução do conhecimento, a autoria, a produção colaborativa e a aprendizagem significativa. O Moodle engloba este modelo em algumas ferramentas como a *wiki*, que consiste em uma atividade de construção textual colaborativa, permitindo aos participantes a construção de um trabalho em grupo de forma assíncrona, organizando de modo coletivo as significações e reflexões provocadas pelos conteúdos aprendidos ao longo do curso.

As diversas maneiras que o Moodle possibilita para a organização e apresentação permite uma integração hipermediática dos conteúdos, das atividades propostas e das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) na construção do AVEA. Isso, segundo Lacerda (2013), favorece uma organização dos conceitos de forma versátil, onde os conteúdos podem ser “navegados” em uma ordem pré-definida ou seguindo uma lógica não linear, conforme o interesse do sujeito envolvido. O não engessamento da ordem com que o estudante transita pelo AVEA corrobora com o aspecto construtivista presente na concepção do Moodle.

De acordo com o exposto anteriormente, é importante ressaltar que o AVEA se constitui como um ambiente onde pode acontecer a ruptura da hierarquia escolar contida nos moldes tradicionais. Isto é percebido quando o papel do professor deixa de ser o transmissor do conhecimento e passa a ser o de orientador, que faz a ligação entre os estudantes, suas necessidades, seu papel na sociedade e os conhecimentos, proporcionando situações e discussões que, de forma colaborativa, direcionam os estudantes no alcance de seus objetivos.

3.3.1. As ferramentas do Moodle

Os AVEA permitem que professor e alunos participem de forma ativa no processo de ensino-aprendizagem. Muito além de um simples repositório de arquivos na Internet, conforme Figueira, Figueira e Santos (2009), o Moodle congrega ferramentas que possibilitam a criação e disponibilização de comunidades de aprendizagem on-line, onde os participantes podem, por exemplo, comunicar-se entre si de forma síncrona (chat) e assíncrona (fórum, e-mail, mural, etc.), submeter trabalhos e realizar testes on-line, realizar trabalhos em grupo de forma colaborativa (*wikis*, *workshops*), responder questionários, assistir vídeo-aulas, ter acesso a lições com linguagem hipermediática, além de outros recursos, ferramentas e aplicativos didáticos que podem ser posteriormente anexados.

A seguir, serão detalhados os recursos e atividades utilizados na construção do AVEA da Física. Cabe ressaltar que o Moodle compreende um número maior de ferramentas e possibilidades além das que serão abordadas neste trabalho.

3.3.1.1 Fórum

A ferramenta “fórum” viabiliza a comunicação assíncrona entre os estudantes e o professor, ampliando as discussões da sala de aula. As discussões fomentadas neste tipo de atividade podem ser visualizadas por todos os participantes para além dos horários presenciais de uso do material e durante um longo período de tempo. Essa ferramenta apresenta customização diversificada, o que permite ao professor optar por diversos tipos de estrutura.

O fórum pode compreender diversos formatos, que variam desde o padrão, onde há a possibilidade de inclusão de tópicos a qualquer momento e por qualquer participante, perguntas e respostas, até o formato limitado, no qual há um limite de postagens por participante.

Ao apresentar os tópicos e postagens de forma encadeada, o fórum suscita a pesquisa e reflexão anteriores às postagens, a clareza na organização e registro das postagens, a pesquisa e o aprofundamento dos conhecimentos abordados nas discussões, implica o exercício da observação, análise, comparação, criação de relações, generalizações, divergências e uma série de elementos fundamentais para a aprendizagem, além de permitir a mediação das discussões pelo professor.

3.3.1.2 Chat

Na qualidade de ferramenta de comunicação síncrona, o “chat” oferece a possibilidade de comunicação escrita em tempo real entre os estudantes e o professor. O chat pode ser utilizado de forma livre, para que os participantes dialoguem entre si ou como uma atividade agendada e mediada pelo professor para esclarecimentos de dúvidas ou discussão relacionada ao assunto abordado anterior ou posteriormente a ele.

3.3.1.3 Questionário

O módulo “questionário” permite que sejam elaborados testes nos formatos de: múltipla escolha, verdadeiro ou falso, correspondência, perguntas de respostas curtas ou longas, entre outros. Ao elaborar os questionários, o professor pode optar por exibir ou não o feedback imediato assim como o acesso imediato aos indicativos de respostas corretas. Este tipo de atividade torna-se interessante quando associada a outras ferramentas do Moodle, como a lição.

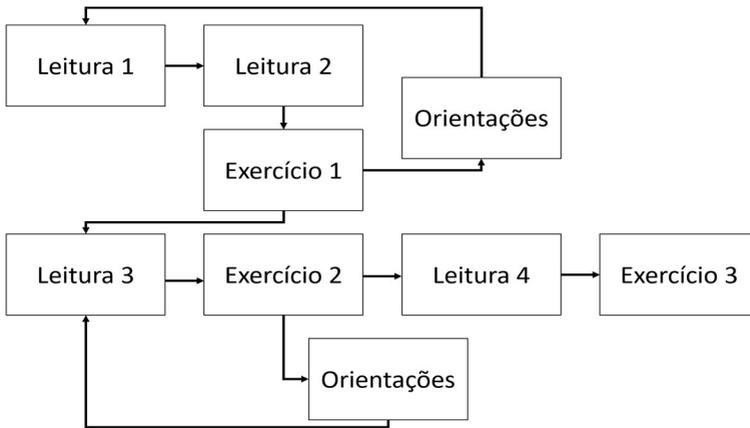
3.3.1.4 Lição

A apresentação dos conteúdos abordados no AVEA pode ser feita de forma flexível por meio da ferramenta “lição”. De acordo com Lacerda (2013), a lição permite que os conteúdos sejam criados, organizados e apresentados em linguagem hipertextual ou hipermediática. Todavia, além da navegação aleatória e não linear, existe a possibilidade de predefinição da hierarquia de navegação, ou seja, o estudante deve obedecer a pré-requisitos ao longo da navegação pelas páginas.

Lacerda (2013) apresenta um esquema de funcionamento da ferramenta lição (figura 1). Conforme o exemplo utilizado pelo autor, o usuário é introduzido através de um pequeno texto, vídeo ou simulação (leitura 1) e avança para outro conteúdo imagético (leitura 2), de onde segue para um exercício de fixação (exercício 1). Caso a resposta tenha sido correta, o estudante avança para a próxima etapa (leitura 3). Entretanto, caso a resposta tenha sido incorreta, o estudante é direcionado para uma página com orientações para reiniciar o ciclo e responder novamente o exercício 1 com possibilidades maiores de acerto.

A complexidade deste tipo de atividade é maior, e como consequência, demanda mais tempo de planejamento e aplicação quando comparada a outras ferramentas do Moodle.

Figura 1 - Esquema de navegação numa lição do Moodle



Fonte: LACERDA, 2013, p. 43.

3.3.1.5 *wiki*

Dentre as diversas ferramentas oferecidas pelo Moodle, a *wiki* destaca-se pelo seu caráter colaborativo. Para Abegg, Bastos e Muller (2010), o ato de colaborar pressupõe que, ao trabalhar em conjunto, dois ou mais sujeitos trocam ideias e experiências entre si, dialogam e problematizam as situações e como fruto desta interação mútua, novos conhecimentos vêm à tona. Conforme Coll e Monereo (2010),

Em um mundo em que as distâncias são cada vez mais reduzidas, as fronteiras desaparecem e os grandes problemas são compartilhados, cresce a mobilidade das pessoas, aumenta a heterogeneidade das comunidades e torna-se patente a necessidade de trabalhar conjuntamente para resolver problemas comuns. A educação é obrigada a enfrentar essa situação e fala-se em escolas inclusivas (que tentam satisfazer a diversidade de necessidades educacionais de seus alunos), de educação não formal e informal (para aproveitar as oportunidades que a sociedade atual oferece para a educação e formação das pessoas) e de aprendizado colaborativo e cooperativo (com a finalidade de tirar proveito dos conhecimentos e habilidades dos diversos membros de um grupo

para satisfazer objetivos comuns). (COLL, MONEREO, 2010, p. 26).

Segundo Abegg, Bastos e Muller (2010), o termo *wiki* é utilizado para denominar um software capaz de armazenar um conjunto de páginas web que quando interligadas estabelecem um hipertexto ou uma hiperímida. Além do mais, a *wiki* permite a edição on-line colaborativa de hipertextos num formato onde as páginas, naturalmente, são vinculadas a outras páginas permitindo uma navegação não linear e constituindo o que os autores acima citados denominam de mídia-hipertextual.

Outro aspecto que caracteriza o espírito colaborativo da *wiki* emerge ao observar que essa ferramenta possibilita o controle de versões. Isto significa que cada colaborador pode revisar e controlar constantemente as modificações executadas pelos demais participantes ao longo da construção do hipertexto. Esta possibilidade firma o caráter de colaboração ativa dos sujeitos envolvidos.

Por proporcionar a produção de hipertextos de forma colaborativa, participativa e interacionista é que as atividades *wiki* possibilitam o distanciamento dos tradicionalismos no ensino, posicionando o professor como mediador e inserindo os estudantes em situações dialógico-problematizadoras quando os coloca como sujeitos ativos no processo de ensino-aprendizagem.

3.3.1.6 Glossário

O “glossário” também se apresenta como uma ferramenta colaborativa, pois permite aos participantes do AVEA construir um dicionário com os termos mais complexos, duvidosos e rebuscados utilizados ao longo das demais atividades. Também possibilita que sejam elaborados bancos de dados com documentos, imagens, vídeos e arquivos que possam ser de interesse para a realização das demais atividades.

3.3.1.7 Página

Este é um recurso simples, pois permite que sejam inseridas páginas de sites externos e que de alguma forma complementam o AVEA.

3.3.1.8 Tarefa

Esta ferramenta permite que o professor consiga comunicar uma atividade para os estudantes, recolher trabalhos e apresentar feedbacks. Na ferramenta “tarefa”, o estudante é introduzido à atividade por um breve texto, questionamento norteador, vídeos, imagens, entre outros. Como retorno, os estudantes podem anexar arquivos de diversos formatos (planilhas, apresentações, imagens, arquivos de texto, etc.) quando a tarefa for programada para o modo “envio de arquivo único”, assim como dissertar diretamente na tela onde a atividade foi proposta quando no modo “escrita on-line”.

3.3.1.9 Laboratório de avaliação

A ferramenta “laboratório de avaliação” também pode ser classificada como uma atividade de cunho colaborativa. Nessa ferramenta, o estudante é convidado a dissertar para responder a algum tipo de questionamento feito pelo professor. O estudante poderá apresentar suas respostas por meio da postagem direta na página da atividade ou anexando algum arquivo digital.

Este tipo de atividade permite uma avaliação diferenciada. Através de um formulário de avaliação multicritérios, o professor poderá optar pelas seguintes categorias: autoavaliação, avaliação entre pares, avaliação feita pelo professor e avaliação do professor sobre as avaliações entre os pares.

4 O AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Este capítulo apresenta o detalhamento dos processos de construção do Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem junto das atividades nele inseridas.

4.1 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO AVEA

Como a finalidade deste projeto consiste na elaboração e aplicação de um AVEA para o apoio ao ensino presencial, optou-se por explorar boa parte das ferramentas disponibilizadas pelo Moodle para permitir que os estudantes tomassem contato com os elementos fundamentais da teoria da relatividade. Como pano de fundo, elencou-se a necessidade de provocar nos estudantes a percepção de como o conceito de relatividade foi desenvolvido ao longo da evolução científica.

O AVEA foi elaborado com a estrutura de tópicos e conta com cinco tópicos principais: I) Movimento ou repouso; II) As ideias de Galileu Galilei; III) O princípio da relatividade de Galileu; IV) Um problema na Física; V) A teoria da relatividade especial. O sexto tópico carrega apenas um questionário on-line de avaliação do AVEA. A figura 2 ilustra a página inicial e o painel de navegação com os tópicos que compõem o AVEA.

Na seção geral, além da estrutura dos demais tópicos, estão localizados os recursos “fórum de notícias” e “chat de introdução”, ferramentas que foram utilizadas ao longo da aplicação como meios de comunicação geral, pois não estavam vinculadas a nenhuma atividade específica.

Para facilitar e incentivar a navegação pelo AVEA, a página inicial exibe blocos de acesso rápido para as seguintes funções: “pesquisa nos fóruns”, “últimas notícias”, “próximos eventos” e “atividades recentes”.

Figura 2 - Página inicial do AVEA

AVEA-Física-IFSC

Construção do conceito de Relatividade

Painel > Relatividade

NAVEGAÇÃO

Painel

- ▀ Página inicial do site
- Páginas do site
- ▼ Curso atual
 - ▼ **Relatividade**
 - Participantes
 - Emblemas
 - Geral
 - Movimento ou repouso?
 - As ideias de Galileu Galilei
 - O princípio da Relatividade de Galileu
 - Um problema na Física?
 - A teoria da relatividade especial
 - Questionário de avaliação do AVEA
 - Meus cursos

 Fórum de notícias

 Chat de introdução ao Ambiente virtual de aprendizagem.

Movimento ou repouso?

Observe a imagem abaixo. O que podemos afirmar a respeito da ciclista? Ela está em **repouso** ou **movimento**?



Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

4.1.1 Tópico 1: Movimento ou repouso?

Como proposta de introdução ao conceito de relatividade clássica, o tópico 1 procura esclarecer a importância da escolha do referencial para diferenciar o repouso do movimento, assim como provoca uma discussão inicial sobre os referenciais inercial e não-inercial e sobre o conceito de velocidade relativa. A figura 3 ilustra a tela inicial do primeiro tópico.

Figura 3 – Tela inicial do tópico 1

Movimento ou repouso?

Observe a imagem abaixo. O que podemos afirmar a respeito da ciclista? Ela está em repouso ou movimento?



Será que é fácil responder a esta questão? Nesta lição vamos buscar responder este questionamento da forma mais completa possível. Antes de iniciarmos, clique e responda o questionário obrigatório abaixo:

◀ ▶

- Como você descreveria o movimento da ciclista na imagem acima?
- Movimento ou repouso?
- Organizando as ideias
- Chat: Dúvidas

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

O primeiro questionário consiste em um levantamento inicial das concepções de movimento e repouso. Nesta atividade, é solicitado que o estudante descreva o estado de movimento de uma ciclista a partir de duas situações na qual a câmera que capturou a imagem poderia estar

posicionada: uma em repouso em relação ao solo e outra em repouso em relação à ciclista.

A segunda atividade limita-se a um questionário de respostas curtas onde o estudante é convidado a analisar imagens e, partindo de um referencial definido na pergunta, assinalar se o objeto em questão encontra-se em repouso ou em movimento. Ambos os questionários foram programados para apresentar feedback de respostas imediatas após a conclusão da atividade pelo estudante. Como conclusão da segunda atividade, os estudantes são convidados a construir suas próprias definições para “movimento” e “repouso” com base em suas respostas anteriores.

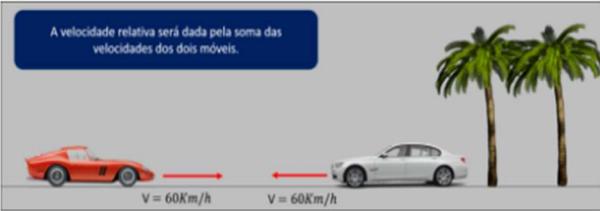
Para colaborar com a organização dos conhecimentos, foi introduzida no tópico uma lição denominada: “organizando as ideias”, que recupera as situações abordadas nos questionários anteriores e procura estabelecer algumas definições pertinentes ao tópico por meio de um hipertexto de navegação não linear, conforme ilustrado na figura 4.

Além de textos, a lição conta com exercícios de fixação que procuram, através de exemplos reais, promover uma reflexão sobre os conhecimentos já citados acima. A lição conta com quatro atividades, e algumas são listadas para exemplificar seu teor: 1) Análise e descrição de um vídeo⁸ no qual uma bola é disparada da carroceria de um automóvel, com velocidade equivalente em módulo e direção à velocidade do automóvel, mas com sentido contrário; 2) Cálculo da velocidade relativa em uma situação de cruzamento de aviões em aerovias. Este tópico ainda inclui um chat de dúvidas para uso específico ao longo das atividades desta seção.

⁸ www.youtube.com/watch?v=BLuI118nhzc

Figura 4 – Fragmento da primeira lição do tópico 1 evidenciando os botões de navegação

Quando temos corpos movimentando-se com sentidos contrários um em relação ao outro:

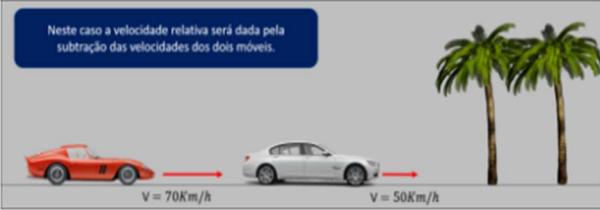


A velocidade relativa será dada pela soma das velocidades dos dois móveis.

Neste caso, a velocidade relativa (V_r) será: $V_r = V_1 + V_2$

Calculando, temos: $V_r = 60 + 60 = 120 \text{ Km/h}$ É como se o carro branco estivesse parado e o carro vermelho estivesse vindo em sua direção com uma velocidade de 120 Km/h.

Caso 3: O carro vermelho persegue o carro branco. O primeiro possui velocidade de 70 Km/h enquanto o segundo uma velocidade de 50 Km/h. Qual será a velocidade do carro vermelho percebida pelo carro branco?



Neste caso a velocidade relativa será dada pela subtração das velocidades dos dois móveis.

Aqui, a velocidade relativa será calculada por: $V_r = V_1 - V_2$

Para o caso, teremos $V_r = 70 - 50 = 20 \text{ Km/h}$ É como se o carro branco estivesse parado e o carro vermelho estivesse se aproximando com uma velocidade de 20 Km/h.

Observe que se caso o carro branco tivesse velocidade maior que o carro vermelho, este não conseguiria alcançá-lo.

Exercício Exercício 2 Exercício 3 → Botões de navegação

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

4.1.2 Tópico 2: As ideias de Galileu

O segundo tópico carrega a estrutura para a realização de uma atividade *wiki*. O referido tópico, ilustrado na figura 5, abarca os recursos: *wiki*, glossário, fórum de dúvidas e links para três trechos selecionados da obra de Galileu: “Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo

ptolomaico e copernicano”⁹. Estes trechos foram apresentados aos estudantes em uma versão digital, através do *Sway*© da *Microsoft*©, ferramenta que permite a criação de apresentações na web que se adaptam à tela de qualquer dispositivo digital. Os trechos selecionados apresentam os diálogos construídos por Galileu para retratar elementos do seu conceito de relatividade.

Figura 5 – Tela inicial do tópico 2



Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Como introdução à *wiki*, os estudantes são convidados a realizar a leitura de trechos selecionados da obra de Galileu, e, após a leitura, a construir a *wiki*. Sua finalidade baseia-se na discussão sobre a vida e o contexto histórico de Galileu, assim como as ideias e experiências relatadas por ele ao longo das leituras sugeridas.

⁹ GALILEI, op. cit., p. 224 – 227. Ibid., p. 236 – 237. Ibid., p. 328 – 329.

Como orientação para a realização da atividade, é aconselhado que os estudantes respondam, durante a construção colaborativa, aos seguintes questionamentos norteadores:

1. Qual foi o principal objetivo de Galileu ao propor a experiência da bola solta do alto do mastro do navio?
2. Há diferença no fenômeno, caso o navio esteja em repouso ou em movimento em relação à praia?
3. O que Galileu pretendia ao relacionar o movimento do navio com o movimento do planeta Terra?
4. O que acontece com os fenômenos físicos quando observados de dentro do navio sem que se possa "olhar para fora"?
5. Há diferença caso o navio não esteja movimentando-se com velocidade constante, ou seja, acelerado?
6. Qual é a diferença entre um referencial inercial de um referencial não inercial?

Antes de aplicar a atividade, optou-se pela divisão da turma em grupos menores. Na conclusão da atividade, cada grupo deve apresentar uma página *wiki* com hyperlinks, vídeos, animações, textos, citações e demais ferramentas que a linguagem HTML permite incorporar.

Caso o professor opte por subdividir o grupo de alunos, um fator que pode ser interessante para a atividade consiste nas permissões de acesso que os pequenos grupos têm para visualizar as páginas *wiki* dos demais grupos. Ao mesmo tempo que os membros de um mesmo grupo podem visualizar e editar sua respectiva *wiki*, ou seja, participar de forma ativa na construção da sua página, também têm a permissão de observar passivamente o andamento da construção da página *wiki* referente a outro grupo.

Tendo em vista que as leituras indicadas possuem vocabulário complexo, o tópico conta com um glossário, onde os estudantes são incentivados a pesquisar e construir de forma colaborativa um dicionário com os termos, expressões e ideias mais rebuscadas que surgem ao longo da leitura. O tópico também conta com um fórum específico, para que os estudantes possam comunicar-se e debater ideias ao longo da elaboração da *wiki*.

4.1.3 Tópico 3: O princípio da relatividade de Galileu

O objetivo deste tópico consiste em construir uma discussão que, a partir de situações idealizadas e experimentações mentais, conduza à ideia fundamental do princípio da relatividade de Galileu. O tópico pretende mostrar que o princípio da relatividade galileana surge como consequência da descrição de um mesmo fenômeno físico a partir de referenciais inerciais diferentes e expor suas limitações de validade.

O tópico é composto por dois questionários com respostas dissertativas e duas lições, conforme ilustrado na figura 6. As lições possuem estrutura complexa, na qual são utilizados recursos como vídeos, simuladores computacionais¹⁰, fórum, questionários de resposta discursiva, diagramas de forças, entre outros recursos, de forma a produzir um material hipermédia.

Como atividade introdutória, os estudantes são convidados a refletir sobre uma situação idealizada, na qual descreve-se um cenário e algumas ações que ali acontecem. A partir disso, os estudantes são provocados a responder alguns questionamentos. Neste caso o cenário descrito é um vagão de trem, de cujo teto cai um pêndulo. Este vagão encontra-se inicialmente em repouso em relação ao solo, e para analisar o pêndulo são posicionados observadores no seu interior e exterior. Ao descrever a cena, os alunos são instados a confirmar se ambos os observadores concordam que o pêndulo se encontra em repouso. Depois da cena descrita, os estudantes são convidados a modificar a situação inicial colocando o vagão para movimentar-se com velocidade constante. Para nortear a dissertação, são efetuadas algumas questões:

1. Os observadores enxergam a mesma coisa?
2. O barbante que segura a esfera apresentará alguma inclinação?
3. Quem consegue descrever o que acontece com o pêndulo de forma mais correta?
4. Existe um referencial privilegiado para a descrição do movimento do pêndulo?
5. Existe um referencial que facilite a descrição do fenômeno que está acontecendo?

¹⁰www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/transfdegalileu.swf;
www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/tremdeGalileu.swf

Figura 6 – Tela inicial do tópico 3

O princípio da Relatividade de Galileu



Neste tópico vamos discutir como podemos relacionar referenciais inerciais diferentes para descrever o mesmo fenômeno físico. O princípio da relatividade de Galileu surgirá como uma consequência disto.

Você deve clicar apenas nos tópicos enumerados. As atividades não enumeradas serão realizadas ao longo das atividades propostas através de links

< >

-  1-Tarefa
-  2- As transformações de Galileu
-  3- Leitura de um trecho do texto original de Galileu Galilei
-  4- E para os casos onde os referenciais são acelerados?

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Esta atividade busca provocar uma reflexão inicial sobre a descrição de um mesmo fenômeno físico a partir de referenciais inerciais diferentes.

Em sequência, o tópico apresenta uma lição intitulada: “As transformações de Galileu”. Nesta lição, faz-se uso de textos escritos em linguagem adequada para a idade dos estudantes, vídeos gravados especialmente para a atividade, simulações computacionais, experimentos mentais, fórum de discussão, entre outras ferramentas. A

discussão baseia-se inicialmente em um vídeo¹¹, gravado pelo professor/pesquisador, que mostra um pêndulo dentro de um avião durante momentos diferentes do voo (repouso no solo, decolagem, voo em velocidade de cruzeiro e aterrissagem). Dando continuidade, os estudantes são convidados a analisar o vídeo, seguindo alguns questionamentos norteadores:

1. O pêndulo sempre se comportou da mesma forma?
2. Havia algum tipo de padrão no comportamento do pêndulo?
3. A velocidade do avião influencia o comportamento do pêndulo?
4. Durante a decolagem e a aterrissagem o pêndulo inclinou-se para o mesmo lado?
5. Em quais momentos o avião apresentou velocidade constante? Há como perceber isso?

Como sequência da lição, é proposto um fórum de discussão pautado na execução de um experimento mental, conforme ilustrado na figura 7. Este experimento busca promover uma discussão entre os estudantes e o professor que aborde a impossibilidade de detecção de um movimento uniforme quando observadores e objetos observados compartilham o mesmo movimento.

¹¹ www.youtube.com/watch?v=7IWwzHNUjjs

Figura 7 – Primeiro fórum de discussão do tópico 3

Primeiro experimento mental

Imagine que você e um amigo estejam fechados dentro da carroceria de um caminhão baú. As paredes da carroceria não permitem a passagem do som e da luz provenientes do exterior. O caminhão viaja com velocidade constante e igual a 20 m/s em uma estrada horizontal, retilínea e lisa, sem buracos nem ladeiras.

Existe uma forma de provar ao seu amigo que vocês estão em movimento? Como? Proponha um experimento que possa ser realizado e analise se sua proposta é viável ou não.

Compartilhe as respostas com seus colegas através deste fórum e aproveite para discutir as propostas feitas por eles. A sua participação nas discussões será avaliada, portanto, participe!

Grupos visíveis ▾

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Como continuidade da lição, apresenta-se uma discussão que procura conduzir os estudantes para a formalização matemática das transformações de Galileu. À medida em que a discussão é aprofundada, a lição apresenta mais um fórum de discussão intitulado “Segundo experimento mental”, conforme ilustrado na figura 8. Este fórum, também pautado em uma situação hipotética, procura produzir a reflexão e o debate entre os estudantes e professor à medida em que os questionamentos norteadores são respondidos.

Figura 8 – Segundo fórum de discussão do tópico 3

Segundo experimento mental

Imagine a seguinte situação: Foram instaladas tabelas de basquete nas paredes laterais do vagão do trem. Você está no interior do vagão arremessando a bola. Neste experimento, vamos desprezar as forças de resistência do ar.

Observadores em repouso em relação a S conseguem ver tudo o que acontece dentro do vagão.

- O trem se desloca com $v_{trem} = 40\text{m/s}$ para a direita;
- A bola é arremessada com $v_{bola} = 5\text{m/s}$ para a esquerda;
- Tanto o trem quanto a bola possuem velocidades constantes.

- 1) Qual é a velocidade da bola que uma das pessoas que está fora do trem consegue medir?
- 2) Qual é a velocidade da bola para você que está em repouso em relação a S'?
- 3) É mais fácil jogar a bola na cesta da esquerda ou na da direita?
- 4) Se jogamos a bola para cima, onde ela cairá?

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Como conclusão da atividade, faz-se a retomada dos principais pontos abordados ao longo da lição e, por meio da comparação de diagramas de forças entre duas situações, ilustrado na figura 9, apresentam-se aspectos importantes da relatividade galileana como: 1) A equivalência conceitual entre repouso e movimento uniforme para referenciais inerciais; 2) A validade das leis da mecânica clássica em qualquer referencial inercial; e 3) A impossibilidade de detecção do movimento uniforme em qualquer referencial inercial.

Figura 9 – Recorte da lição que apresenta a comparação entre o diagrama de forças que atuam no pêndulo para o trem parado e para o trem em movimento uniforme

1º) Trem em repouso em relação ao solo (velocidade constante e igual a 0 m/s);
 2º) Trem movimentando-se com velocidade de 50 m/s em relação ao solo.

Situação 1: trem em repouso em relação ao solo

$V = 0 \text{ m/s}$

Situação 2: trem com velocidade constante em relação ao solo

$V = 50 \text{ m/s}$

Em ambas as situações, sobre o pêndulo, atuam a força peso e a força de tração

A força resultante é dada pela soma de todas as forças que atuam sobre o pêndulo.
 Para a primeira situação, a força resultante é nula, pois ($F_r = \text{Tração} - \text{Peso}$) e neste caso ($F_r = \text{nula}$).
 Para a segunda situação acontece o mesmo! ($F_r = \text{Tração} - \text{Peso}$) e também neste caso ($F_r = \text{nula}$).

Conclusão: partir de referenciais que se movimentam com velocidade constante, observadores conseguem medir a **MESMA força resultante** que atua num mesmo evento.

Este resultado é importante pois mostra que não importa o valor da velocidade que o trem viaja, se ela for constante, não conseguiremos realizar qualquer experimento (desde que não olhemos para fora do trem) que permita perceber se o trem está em repouso ou em movimento uniforme. Observamos este efeito no vídeo do topo desta lição (volte e veja novamente se for necessário).

Nestas situações, observadores posicionados tanto em S quanto em S' observam o mesmo valor para a aceleração do pêndulo, ou seja: ($a = a'$) (que neste caso é nula pois seu movimento é constante).

Detalhe: qualquer referencial que movimenta-se com velocidade constante em relação a um segundo referencial será designado de **INERCIAL**. Esta classe de referenciais é importante pois neles as leis de Newton são perfeitamente válidas e aplicáveis.

Podemos ir mais além deste resultado e postular que a **segunda lei de Newton** é covariante a partir de transformações de Galileu. O termo covariante pode causar certa confusão, mas neste caso o que ele indica é que a equação da segunda lei de Newton é escrita com os mesmos termos matemáticos independentemente do referencial inercial onde é aplicada.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Para reforçar as constatações realizadas na lição descrita acima, o tópico traz, na sequência, um questionário de respostas discursivas. Nesta atividade, os estudantes são convidados a ler mais um extrato do Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano¹² e, a partir da argumentação de Galileu, dissertar sobre a dificuldade que

¹² GALILEI, op. cit., p. 267 – 269.

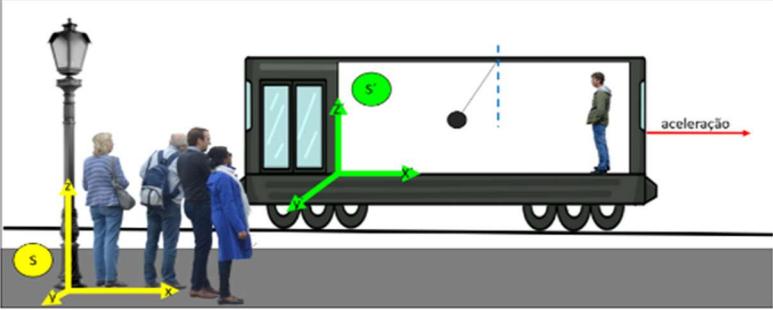
observadores no planeta têm para detectar o movimento da Terra. Ao término, os estudantes são convidados a participar de uma lição que busca chamar a atenção para os limites da mecânica clássica. A lição, que novamente apresenta o caráter de hipermídia, é intitulada: “E para os casos onde os referenciais são acelerados?”. Nela, retoma-se o caso do avião, agora em um vídeo¹³, limitado para os momentos de decolagem e aterrissagem, onde é perceptível a inclinação do pêndulo em virtude da aceleração do avião.

Dando prosseguimento, os estudantes são chamados a refletir sobre possíveis semelhanças e diferenças que observadores posicionados dentro e fora de um vagão de trem acelerado podem observar ao descrever o que acontece com o pêndulo, conforme apresentado na figura 10.

Figura 10 - Recorte da lição que introduz a análise da dinâmica do pêndulo a partir de um referencial não inercial

Caso do pêndulo no vagão acelerado

Para começarmos a entender melhor o comportamento do pêndulo, neste caso, vamos analisar possíveis diferenças que observadores posicionados dentro e fora do vagão poderiam presenciar:



O diagrama ilustra um trem em movimento acelerado para a direita, indicado por uma seta vermelha rotulada 'aceleração'. Dentro do trem, um observador em um referencial S' observa um pêndulo que está inclinado para trás em relação à vertical. Um observador em um referencial S, fora do trem, observa o trem e o pêndulo. Um sistema de eixos de coordenadas verde é mostrado dentro do trem, e um sistema de eixos amarelo é mostrado fora do trem. Um círculo verde com 'S'' e um círculo amarelo com 'S' identificam os referenciais.

Para refletir:

- Como o observador posicionado em S' percebe o pêndulo? Ele está em repouso ou em movimento em relação ao pêndulo?
- Como o observador posicionado em S percebe o pêndulo? Ele está em repouso ou em movimento em relação ao pêndulo?
- Há alguma diferença?

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Como complemento, os estudantes devem construir um diagrama de forças para analisar e justificar a inclinação do pêndulo a partir dos referenciais interno e externo.

¹³ www.youtube.com/watch?v=zUb3Qhy-rjQ

Para concluir a lição, dedica-se uma página para justificar, o uso de forças inerciais pelos observadores que viajam junto do trem para descrever a inclinação do pêndulo, contrariamente aos observadores externos que não necessitam tal estratégia para justificar o movimento do fenômeno. O tópico conta ainda com um fórum de discussão.

Em linhas gerais, espera-se que ao longo deste tópico os estudantes consigam situar-se historicamente e contextualmente ao trabalho de Galileu Galilei e compreender sua contribuição para a ciência moderna ao anunciar a inexistência de referenciais absolutos, pressupondo uma teoria da relatividade, ao passo que consigam perceber as limitações da teoria clássica, elemento fundamental para justificar a necessidade de uma nova teoria.

4.1.4 Tópico 4: Um problema na Física?

O tópico quatro busca problematizar o dilema enfrentado pelos físicos no final do século XVIII e início do século XIX no qual figuram as descobertas do eletromagnetismo e as reminiscências da Física clássica. Este tópico, que conta com três recursos, conforme ilustrado na figura 11, apresenta discussões em torno do “éter luminífero” e das soluções encontradas para as inconsistências entre a mecânica e o eletromagnetismo.

Como primeira atividade, o tópico apresenta uma lição com formato hiperídia, na qual é feita a problematização sobre a medição da velocidade da luz a partir de diferentes referenciais inerciais. A lição inicia apresentando comentários sobre os principais conjuntos teóricos presentes na Física no início do século XIX.

Retoma-se a situação do trem, agora adaptada para discutir a medida da velocidade da luz feita por observadores internos e externos ao trem. Os estudantes são induzidos a utilizar as transformações de Galileu quando questionados sobre a velocidade de um feixe de luz, emitido dentro do trem que se desloca com velocidade constante, medida por observadores posicionados fora do vagão. Em seguida, são convidados a assistir um vídeo¹⁴ que apresenta a problemática do “éter luminífero”, sua indetecção através dos experimentos de Michelson e Morley e as inconsistências entre a mecânica e o eletromagnetismo.

¹⁴ www.youtube.com/watch?v=UKaoTOoDzpU

Figura 11 – Tela inicial do tópico 4

Um problema na Física?



1- Problema? Que problema?

2- Laboratório de avaliação

- Qual é a função do Éter para os defensores da teoria ondulatória da luz?
- A quais conclusões os físicos chegaram a partir do experimento de Michelson e Morley?
- Essas conclusões estão de acordo com o princípio da relatividade de Galileu?

Leitura extra

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

As demais páginas da lição objetivam conduzir o estudante por uma discussão sobre a contra-intuitiva invariância da velocidade da luz e a solução apresentada por Albert Einstein.

Como sequência do tópico, os estudantes são convidados a participar de um laboratório de avaliação. Nesta atividade, propõe-se a redação de um texto guiado pelos seguintes questionamentos:

1. Qual é a função do éter para os defensores da teoria ondulatória da luz?
2. A quais conclusões os físicos chegaram a partir do experimento de Michelson e Morley?
3. Essas conclusões estão de acordo com o princípio da relatividade de Galileu?

A avaliação acontece através de critérios pré-definidos e em duas etapas. A primeira por um colega automaticamente sorteado pelo Moodle e a segunda pelo professor da disciplina.

Como indicação de leitura, o tópico conta ainda com um link “leitura extra” no qual é sugerida a leitura do texto: “Terminando o começo com os grandes Huygens e Maxwell”¹⁵. Esta sugestão embasa o princípio de pesquisa para a construção textual da atividade anterior.

4.1.5 Tópico 5: A teoria da relatividade especial

O tópico cinco procura problematizar a possibilidade de objetos deslocarem-se com velocidades maiores do que a velocidade da luz e introduz os estudantes a elementos básicos da relatividade especial. O tópico é composto por quatro recursos, sendo um fórum de discussão geral e três lições. A tela inicial deste tópico está ilustrada na figura 12.

Figura 12– Tela inicial do tópico 5



Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

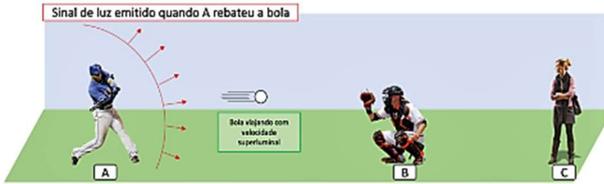
¹⁵ DAMASIO, F; RICCI, T.F. Textos de apoio ao ensino de Física: Relatividade de Einstein em uma abordagem histórico-fenomenológica. Porto Alegre, UFRGS, 2009, 49p.

Como passo inicial, os estudantes são convidados a participar de um fórum de discussão cuja introdução retoma os limites e validades da mecânica clássica.

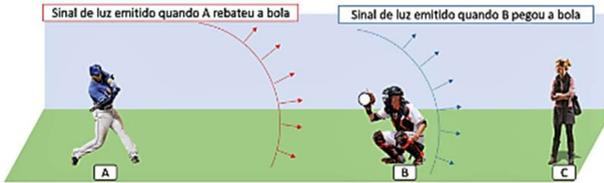
Ao indagar a possibilidade de objetos deslocarem-se com velocidades maiores do que a velocidade da luz, por meio de um experimento mental ilustrado na figura 13, procura-se evidenciar uma lacuna não preenchida pela teoria clássica ao não prever uma velocidade limite para os fenômenos físicos. Busca-se que, com esta reflexão, os estudantes discutam no fórum proposto as incoerências que aconteceriam caso a velocidade da luz não fosse um fator limitante na Física. Busca-se também que percebam a exigência de uma nova teoria naquele contexto, no caso, a teoria da relatividade restrita.

Figura 13 – Experimento mental: objeto com velocidade “superluminal”

Em um treino, o jogador A rebate a bola arremessada por B, enquanto um observador C está assistindo. Nesta situação hipotética, o rebatedor consegue lançar a bola com uma velocidade superluminal, ou seja, mais rápida que a luz. Observe:



O sinal de luz carrega a informação de que a bola foi rebatida, caso contrário, não conseguiríamos enxergar que a bola foi rebatida. Perceba que a bola está na frente do sinal de luz pois ela está com uma velocidade superluminal. Observe a continuidade dos fatos:



Um segundo sinal de luz é emitido quando o jogador B captura a bola. Perceba que B pegou a bola antes mesmo do sinal de luz chegar até ele. Isso já não é estranho? Mas vamos avançar.

Pergunta: O que o observador C enxergará primeiro? O sinal proveniente da rebatida ou o sinal proveniente da captura da bola? Por que isto é esquisito? Discuta com seus colegas quais as interpretações desta situação e quais as consequências para a física caso conseguíssemos viajar com velocidades maiores do que a da luz.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

A lição subsequente, “Os postulados de uma nova teoria”, carrega uma discussão sobre os limites que a mecânica clássica apresentou no final do século XIX e início do século XX, e como essas limitações conduziram à teoria da relatividade restrita. Nesta lição são apresentados os postulados atribuídos a Albert Einstein e que revolucionaram alguns paradigmas da Física. Esta, em particular, apresenta apenas um texto em hipermídia, sem atividades implícitas como as lições anteriores.

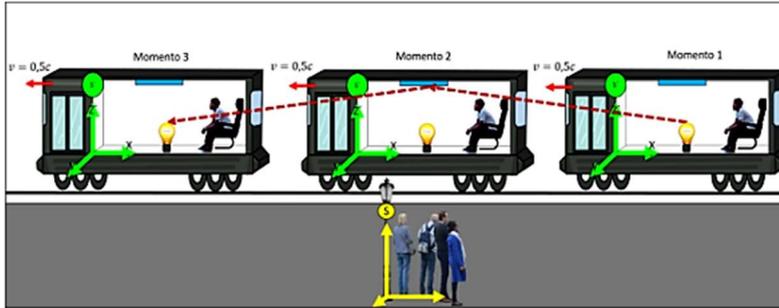
Os dois últimos recursos conduzem os estudantes a lições cujo principal objetivo é construir, através de argumentação geométrica, um diálogo que demonstre duas consequências importantes quando os postulados de Einstein são postos em prática: a dilatação temporal e a contração espacial.

Na lição “As consequências dos postulados de Einstein - O tempo”, os estudantes são envolvidos em um diálogo participativo, no qual atuam fornecendo respostas aos questionamentos que aparecem ao longo da navegação. A discussão é baseada na observação de um “relógio de luz” por observadores posicionados dentro e fora de um vagão de trem que se locomove com uma velocidade próxima à da luz. A figura 14 ilustra um recorte da discussão que utiliza argumentos geométricos para embasar o diálogo. O principal objetivo da discussão gira em torno da comparação entre a duração do intervalo de tempo que um feixe de luz leva para subir, ser refletido por um espelho e voltar para a fonte emissora inicial, a partir de referenciais inerciais localizados dentro e fora do vagão no qual o relógio viaja.

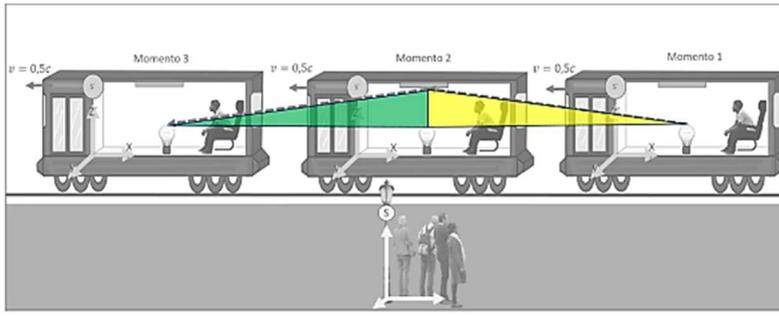
Figura 14 – Trecho da discussão utilizando argumentos geométricos

A partir do lado de fora do trem

Em S' , o observador observa uma trajetória vertical. Já os observadores posicionado em S observam o seguinte:



Note que enquanto o observador posicionado em S' observava que o feixe de luz apenas subia e descia ao ser refletido pelo espelho, os observadores posicionados em S percebem o feixe descrevendo suas trajetórias como as "hipotenusas" de dois triângulos retângulos.



Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Ao longo da discussão, são definidos os termos: “comprimento próprio” e “tempo próprio”, elementos essenciais para o pleno entendimento da teoria da relatividade restrita. A transformação de Lorentz para o tempo foi demonstrada por meio da argumentação geométrica e de cálculos algébricos.

Ao final da discussão sobre o tempo, os estudantes são convidados a interpretar o resultado obtido por Lorentz e aplicá-lo em uma situação problema. Após a aplicação, são feitas comparações entre os resultados obtidos pelos estudantes. Neste ponto é definido o termo “dilatação temporal”. Para complementar a discussão, os estudantes são convidados

a assistir um vídeo¹⁶ que apresenta uma reflexão sobre o “paradoxo” dos gêmeos.

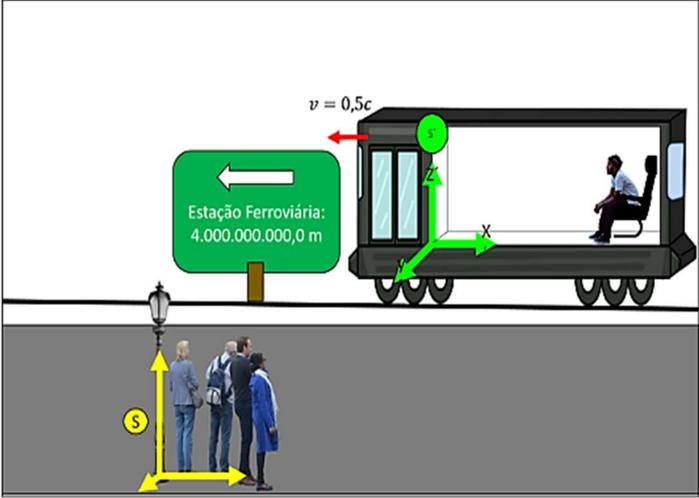
Como conclusão, a lição direciona os estudantes para uma atividade onde propõe-se a aplicação direta da transformada de Lorentz para o tempo. Nesta atividade os estudantes são convidados a variar a velocidade do trem no qual o “relógio de luz” viaja, com o objetivo de, através de suas constatações, perceber em quais situações a dilatação temporal será significativa e em quais poderá ser desprezada. Desta forma, busca-se enfatizar o grau de aplicabilidade de uma teoria.

O último recurso do tópico, intitulado: “As consequências dos postulados de Einstein – Os cumprimentos” direciona os estudantes para uma lição final, cujo principal objetivo é apresentar o conceito da contração espacial.

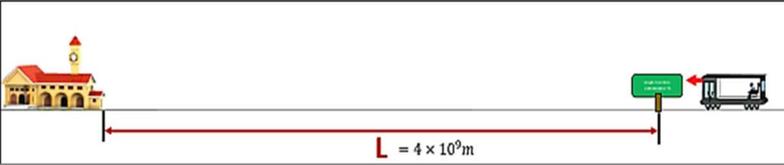
Por meio de uma discussão sobre uma medida de distância entre dois pontos, o local do vagão e a estação onde deve chegar, efetuada por observadores posicionados em referenciais inerciais diferentes, é feita a recapitulação de argumentos e conceitos abordados até então no AVEA. Esta retomada é interessante pois contribui com o estabelecimento de significados dos conceitos anteriormente abordados e auxilia na fundamentação de mais uma quebra de paradigma na Física, onde o espaço absoluto torna-se uma grandeza relativa. A figura 15 ilustra um recorte da discussão.

¹⁶www.youtube.com/watch?v=azt7n_wjdDQ

Figura 15 – Recorte da discussão sobre a contração espacial



Nosso vagão de trem está viajando com uma velocidade igual a 50% da velocidade da luz ($0,5c$). O passageiro, avista uma placa na lateral do trilho indicando que a estação ferroviária encontra-se a uma distância de 4.000.000.000,0 metros de distância daquele ponto. Ou seja:



Vamos chamar de " L " a distância da placa até a estação. A medida desta distância foi feita por observadores posicionados em S. Estes observadores dispõem de todo o tempo do mundo para realizar esta medida, pois nem a placa, nem a estação sairão do lugar.

Como tanto a estação quanto a placa estão em repouso em relação a S, diremos que " L " será a **distância própria**.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Na discussão, são calculados os intervalos de tempo para o vagão percorrer determinada distância medido por ambos os observadores. Conhecida a velocidade do trem, são comparadas as distâncias que cada observador constata. A partir da contradição verificada, é introduzido o conceito de contração espacial.

Ao longo da lição o estudante também tem acesso a uma página na qual é apresentada a discrepância na população de múons que atingem a superfície da Terra, uma evidência experimental da teoria da relatividade. A página sobre os múons é baseada na discussão de Knight (2009, p. 1159) e Nitta, Yamamoto e Takatsu (2011, p. 108).

5 CONTEXTO E METODOLOGIA

Na primeira parte deste capítulo são apresentados o cenário no qual o projeto foi aplicado e os sujeitos envolvidos na pesquisa. Em seguida, é feita uma breve discussão a respeito da metodologia adotada no trabalho.

5.1 O CONTEXTO DE APLICAÇÃO DO PROJETO

O estudo sob o qual este trabalho está pautado foi desenvolvido em um campus do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), na cidade de São Miguel do Oeste, localizada em uma região de fronteira, no estado de Santa Catarina.

Atualmente, o campus atende cerca de 750 estudantes regularmente matriculados em diversas modalidades de ensino. Conta também com uma estrutura Física que atende adequadamente a comunidade estudantil do extremo oeste catarinense, com salas de aula climatizadas e equipadas com projetores multimídia, laboratórios de informática com computadores em número suficiente para a demanda, acesso à Internet com boa qualidade de conexão, laboratório didático de Física, livros didáticos fornecidos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), entre outros recursos e estruturas que não são relevantes para este trabalho.

Para a aplicação deste projeto, a instituição cedeu os laboratórios de informática para o uso individualizado dos computadores pelos estudantes, cedeu também um pequeno espaço no servidor de banco de dados da instituição para o planejamento e construção inicial do AVEA, o acesso à Internet e demais elementos de infraestrutura que permitem o bom funcionamento do ambiente escolar.

Considerando-se que o AVEA foi idealizado para apoiar as atividades escolares presenciais, torna-se indispensável o acesso simultâneo de todos os estudantes envolvidos no ambiente virtual. Cabe ressaltar que até o início da aplicação do AVEA, o servidor de banco de dados da instituição não havia sido requisitado para utilização simultânea de múltiplos estudantes, o que justifica o fato deste equipamento não apresentar a robustez necessária para tal função. Tendo em vista as limitações apresentadas pelos equipamentos da instituição, foi necessário realizar a contratação de um servidor de banco de dados externo para assegurar a participação dos estudantes nas atividades planejadas.

Apesar de o AVEA ter tido uma construção prévia a sua aplicação, o fato de o professor ministrante ser também o pesquisador envolvido no

projeto possibilitou o aperfeiçoamento de alguns aspectos do ambiente ao longo da sua aplicação.

A estruturação do AVEA e a elaboração das atividades tiveram início no primeiro semestre de 2015. Já a sua aplicação nas turmas teve início no segundo semestre letivo do ano de 2016, com duração total de quatro meses.

5.2 OS SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Para participar do estudo, foram convidados quarenta e nove estudantes, cuja faixa etária variou de 15 a 18 anos, regularmente matriculados no terceiro ano do curso técnico em agroindústria integrado ao ensino médio. O curso tem duração de quatro anos, e em virtude do seu caráter integrado, não se limita à instrução de técnicas e práticas, mas sim, à formação de pessoas éticas, a par do seu papel transformador na sociedade e cientes do caráter humano que a ciência possui.

O convite foi realizado pelo professor/pesquisador através do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), em duas versões: a primeira, voltada para o próprio estudante (Apêndice 1) e a segunda, direcionada aos pais e responsáveis dos estudantes menores de idade (Apêndice 2). Nas duas versões do TCLE, deu-se ênfase ao fato de que o estudante poderia recusar a participação no projeto de pesquisa, contudo, isto não o isentaria de cumprir as atividades propostas, já que o AVEA foi aplicado ao longo das aulas regulares e os conteúdos abordados estavam previstos na ementa da unidade curricular.

A matriz curricular do curso no qual os estudantes convidados estavam matriculados apresenta dois períodos semanais, com a duração de 55 minutos cada, dedicados à unidade curricular de Física. Para o uso do AVEA, os estudantes dispunham de um encontro semanal durante as aulas normais da unidade curricular. Destaca-se que grupo de estudantes apresenta uma subdivisão em função exclusiva da sua matrícula escolar. Ao longo do trabalho, as subdivisões são diferenciadas através dos termos “turma 1” com 30 estudantes e “turma 2” com 19 estudantes. Salienta-se ainda que os estudantes em questão apresentavam relativa familiaridade com Moodle, pois o IFSC o adota como ferramenta institucional desde 2011.

5.3 METODOLOGIA

Devido as características presentes na proposta desta pesquisa, cujo objetivo geral consiste na elaboração, aplicação e análise de um

AVEA voltado para o ensino da relatividade, percebe-se que a tendência metodológica mais plausível para o tratamento e análise dos dados coletados aproxima-se de uma abordagem qualitativa. Apesar da pesquisa qualitativa ser criticada pela subjetividade e pelo envolvimento emocional do pesquisador (MINAYO, 2001 apud GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.32), para Flick (2009) este tipo de metodologia preenche uma lacuna quando não é possível realizar de forma clara o isolamento e a identificação das variáveis de estudo.

Segundo Flick (2009), no campo qualitativo, os objetos de estudo não são reduzidos a simples variáveis coletadas em ambientes controlados, mas são representados em sua totalidade de forma contextualizada. “Portanto, os campos de estudo não são situações artificiais criadas em laboratório, mas sim práticas e interações dos sujeitos na vida cotidiana” (FLICK, 2009, p. 24).

Neste trabalho, através do registro de eventos, gravações em áudio e da coleta de respostas apresentadas pelos estudantes ao longo das atividades do AVEA é que são feitas interpretações e asserções a respeito da eficácia do uso do AVEA como metodologia de ensino e do aprendizado dos estudantes.

Um aspecto importante relacionado à pesquisa qualitativa sugere que o pesquisador se apresente como o principal instrumento de coleta de dados (BOGDAN & BIKLEN apud CAMARGO, 2005, p. 78). Isto permite que o pesquisador realize uma análise contextualizada e simultânea à coleta dos dados, onde suas experiências, concepções e posicionamentos podem interferir tanto na aplicação da pesquisa, quanto na análise dos dados.

Neste trabalho, a análise ficou limitada às respostas fornecidas pelos estudantes durante a aplicação do AVEA. Os dados de natureza descritiva coletados ao longo da aplicação do AVEA, demandaram análises diferenciadas dependendo do seu formato. As atividades de respostas curtas e as de respostas discursivas foram analisadas de acordo com o alcance dos objetivos propostos. Já nas atividades que envolveram a participação em fóruns, além do alcance de competências, verificou-se a participação individual e coletiva através do encadeamento das respostas apresentadas. Depois de coletadas, as respostas foram organizadas com a tentativa de elaborar agrupamentos entre os estudantes a fim de atribuir significado à análise. Desta forma, foi possível identificar além do envolvimento dos estudantes junto das atividades e discussões, o aprendizado dos conteúdos abordados ao longo do AVEA.

Através da aplicação do questionário apresentado no apêndice 3, também se faz a avaliação do AVEA com o intuito de analisar a

aceitabilidade, a navegabilidade, as preferências e sugestões dos estudantes participantes da aplicação deste trabalho.

6 ANÁLISE

Neste capítulo serão analisadas as respostas das tarefas propostas no AVEA, fornecidas pelos estudantes de forma escrita, bem como discutidos os resultados da aplicação do AVEA.

6.1 ANÁLISE DAS QUESTÕES SOBRE A MECÂNICA CLÁSSICA

Essência da relatividade clássica e de fundamental importância para a compreensão da relatividade especial, o tópico inicial busca introduzir os estudantes em uma discussão que trata do conceito de referencial. Para esse propósito, eles foram submetidos a três atividades que buscam causar uma reflexão inicial e colaborar para a organização do conhecimento, ao passo em que os conteúdos são apresentados.

6.1.1 Análise da primeira tarefa do tópico 1

A primeira tarefa do tópico inicial conta com dois questionamentos. O primeiro solicita que os estudantes descrevam, por meio de uma resposta curta, o movimento de uma ciclista a partir da observação de uma fotografia. Nesta questão, propõe-se que a análise do movimento seja feita de forma livre, sem estímulos ou mediações. As respostas fornecidas por eles permitiram constatar suas concepções prévias a respeito dos conceitos de “repouso” e “movimento” e agrupá-los conforme o teor de suas respostas:

Grupo 1: Dezesseis estudantes expressaram a definição de repouso e movimento como conceitos relativos, ou seja, posicionaram-se em diferentes referenciais para definir o estado de movimento da ciclista. No quadro 1, são destacadas algumas respostas apresentadas pelos estudantes agrupados nesta categoria. Ressalta-se que estas respostas são reproduzidas exatamente da forma como os estudantes as apresentaram:

Quadro 1 - Respostas selecionadas do grupo 1 apresentadas na primeira tarefa do tópico 1

Estudante 6	“Ao observar pela primeira vez, como é uma imagem, temos a ideia de que a ciclista está parada, mas nos colocando na cena ela pode estar em movimento ou repouso. Caso formos o fotógrafo e nos usarmos como referencial, a ciclista estará em movimento, pois há variação de posição entre "ela e eu". Caso usássemos o guidão da bicicleta [da ciclista] como referencial a ciclista estaria em repouso, pois não há variação
-------------	---

	de posição entre os dois, já que estão na mesma velocidade. Olhando a imagem de primeira, temos a ideia de que a ciclista está parada pois a imagem não se movimenta, porém podemos ter duas percepções graças a ideia de movimento passada com o "borrão" da foto".
Estudante 1	“Depende do referencial, porque de acordo com o fotografo ela está em repouso, e de acordo com as pessoas na rua ela está em movimento”.

Fonte: organizado pelo autor (2017)

Grupo 2: Vinte e um estudantes especificaram o movimento utilizando apenas um referencial e justificaram sua resposta através dos “borrões” presentes na imagem. Abaixo são destacadas algumas respostas fornecidas pelos estudantes:

Quadro 2 – Respostas selecionadas do grupo 2 apresentadas na primeira tarefa do tópico 1

Estudante 29	“Ela está em movimento em relação ao fundo da foto, pois a imagem está distorcida, dando essa impressão”.
Estudante 45	“Em movimento pois a foto estava desfocada nos lados, dando a ideia de movimento”.

Fonte: organizado pelo autor (2017)

Ambos os grupos apresentados anteriormente exprimiram respostas condizentes com o questionamento, com exceção de um terceiro grupo composto por oito estudantes que não forneceram respostas apropriadas ou não utilizaram um referencial de forma explícita para justificá-las.

Quadro 3 – Respostas selecionadas do grupo 3 apresentadas na primeira tarefa do tópico 1

Estudante 08	“Como é uma fotografia está em repouso em relação a mim, pois estamos ambos parados.”
Estudante 14	“Em repouso, pois do meu ponto de vista da imagem ela está em repouso”.

Fonte: organizado pelo autor (2017)

Outros quatro estudantes não apresentaram resposta. Este fato pode revelar uma possível falha na elaboração do questionamento, e/ou no processo de interpretação da questão.

Como continuidade da primeira tarefa, o segundo questionamento solicita que o estudante posicione o referencial utilizado para análise do

estado de movimento em um local específico. Neste caso, em virtude da ênfase dada no posicionamento do referencial, percebeu-se que todos os estudantes que forneceram resposta conseguiram descrever corretamente o estado de movimento proposto na situação.

6.1.2. Análise da segunda tarefa do tópico 1

Na atividade subsequente, utilizando a ferramenta “questionário”, foram propostas nove situações reais, por meio de textos e imagens, nas quais os estudantes deveriam classificar a condição cinemática do objeto analisado utilizando apenas as palavras “repouso” e “movimento. Na décima questão dessa atividade, os estudantes foram convidados a apresentar suas próprias definições para “movimento” e “repouso”, utilizando como base suas respostas anteriores. O décimo questionamento sugere que sejam utilizados exemplos concretos para o embasamento das respostas.

Para as nove situações, obteve-se uma taxa de acerto de 100%. Cabe ressaltar que nessa atividade os estudantes dispunham de feedback imediato e, em caso de equívoco, poderiam submeter uma nova resposta logo em seguida, o que pode justificar a elevada taxa de acerto.

Considerar que os conceitos de repouso e movimento são relativos exige a adoção de um referencial para descrever a situação cinemática e, a partir dele, observar se há ou não variação na sua posição. Outra interpretação equivalente consiste em observar se referencial e objeto observado apresentam velocidades relativas nulas ou não.

Em geral, os estudantes apresentaram dificuldades para expressar suas ideias em formato de texto curto na questão de número dez, entretanto, a maioria das respostas demonstraram concepções condizentes com a relatividade do movimento. Das 48 respostas apresentadas, percebe-se que 37 apresentaram uma estrutura semelhante ao especificar, de forma implícita ou explícita, a necessidade de um referencial para elucidar as situações de repouso/movimento. Destacam-se algumas respostas:

Quadro 4 – Respostas para a questão 10 apresentadas na segunda atividade do tópico 1

Estudante 13	“Repouso: um corpo estará em repouso em relação a outro corpo, quando a distância entre estes dois corpos não variar com o passar do tempo. Por exemplo, Superman está ao lado esquerdo da Mulher Maravilha e os dois estão correndo com uma velocidade de 150km/h, Superman
--------------	--

	<p>está em repouso em relação a Mulher Maravilha, pois a distância entre eles não varia com o passar do tempo, pois estão em velocidade constante entre um e outro. Movimento: um corpo estará em movimento em relação a outro corpo, quando a distância entre estes dois corpos vier a variar com o passar do tempo. Por exemplo, se Superman está correndo com uma velocidade de 150km/h e o carro do Batman está na sua frente com uma velocidade de 230km/h, a distância com o passar do tempo irá variar entre estes dois corpos, pois o carro de Batman está com uma velocidade maior do que o Superman”.</p>
Estudante 25	<p>“Repouso é quando dois os mais corpos não se aproximam e nem se afastam com o passar do tempo, a distância entre eles é sempre a mesma, por possuírem a mesma velocidade (sentido, módulo, direção). Um exemplo disso é quando você se encontra dentro de um carro, com velocidade constante, e percebe um ciclista ao seu lado, com a mesma velocidade, dando a impressão que o mesmo esteja parado. Movimento é quando dois ou mais corpos possuem velocidades (sentido, módulo, direção) diferentes, a distância entre eles varia conforme o tempo. Um exemplo seria na ultrapassagem de dois veículos; o automóvel que irá ultrapassar precisa possuir velocidade maior para conseguir atingir seu objetivo, desse modo, a distância dele em relação ao outro carro precisa variar”.</p>

Fonte: organizado pelo autor (2017)

O grupo de sete estudantes que não apresentou uma definição clara, ou que não utilizou um referencial para construir suas definições, não recebeu um feedback imediato, com o intuito de provocar uma reflexão sobre a resposta apresentada. Abaixo, é destacada a única resposta que foi complementada posteriormente ao feedback:

Quadro 5 – Resposta, feedback e tréplica para a segunda atividade do tópico 1

Estudante 2: “Um objeto está em repouso em relação a outro quando ambos se mantêm constantes em relação ao outro ou quando ambos estão inertes. Exemplo: o motorista está em repouso em relação ao carro, pois ambos se mantêm constantes em relação ao outro. Um objeto está em movimento em relação a outro quando eles não estão sincronizados, ou seja, quando possuem constantes diferentes.”

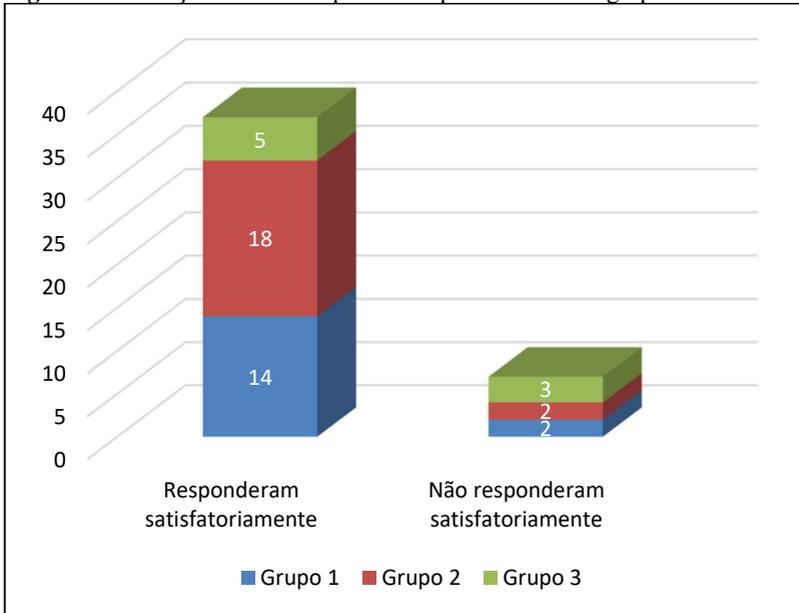
Professor: “Sua resposta está no caminho certo, mas o que você considera como constante?”

Estudante 2 [obtido verbalmente]: “posição e velocidade”.

Fonte: organizado pelo autor (2017)

Cabe ressaltar que uma falha de programação no AVEA fez com que nenhuma informação indicando a presença de feedback em sua resposta tenha chegado ao estudante. Tendo em vista que a correção foi executada posteriormente ao encerramento da atividade, muitos estudantes não voltaram de forma espontânea para conferi-la, sendo uma possível causa para a não complementação da resposta pós-feedback. Essa falha voltou a acontecer em outras atividades e pode comprometer o objetivo da ferramenta utilizada.

Para complementar a análise dessas atividades, efetuou-se o cruzamento de dados entre os agrupamentos de estudantes da primeira tarefa e suas respostas para o décimo questionamento da segunda tarefa. Nesse cruzamento, foram suprimidos quatro estudantes que deixaram de apresentar resposta em alguma das atividades propostas. Dos 37 acertos apresentados na décima questão, observa-se que 14 pertencem aos membros do grupo 1, 18 do grupo 2 e cinco do grupo 3. Por outro lado, dos sete estudantes que apresentaram erro na resposta do décimo questionamento, dois pertenciam ao grupo 1, dois ao grupo 2 e três ao grupo 3. O gráfico na figura 16 ilustra o cruzamento desses dados, no qual a primeira coluna agrupa os 37 estudantes que acertaram o décimo questionamento, enquanto a segunda coluna representa os sete estudantes que apresentaram respostas erradas.

Figura 16 - Relação entre as respostas da questão 10 e os agrupamentos iniciais

Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Este gráfico mostra que a atividade foi bem executada pela maioria dos estudantes, por outro lado, observa-se que cerca de 16% dos participantes apresentaram necessidade de aprofundamento na discussão sobre o referencial. Dezoito estudantes, inicialmente classificados no grupo 2, apresentaram indícios de aprimoramento nas suas concepções de movimento ao acertar o décimo questionamento, enquanto que cinco, inicialmente agrupados no grupo 3, apresentaram resposta correta na última atividade proposta. Em contrapartida, dois estudantes, inicialmente classificados no grupo 1, responderam a décima questão de forma incorreta.

6.1.3 Análise da Lição do tópico 1

Com o intuito de aprofundar a discussão, os estudantes foram submetidos a uma série de reflexões e atividades contidas em uma lição (ferramenta descrita na seção 4.1.1). Ao longo de uma discussão que aproveitou o debate sobre o referencial, foi explorado o conceito de

velocidade relativa. Intercalados à lição, foram propostos três exercícios cujos resultados são apresentados a seguir.

Ressalta-se que a lição foi concebida com caráter de hipermídia e, como consequência da liberdade que o estudante detém para percorrer seu próprio “caminho” num material desta natureza, nem todos integralizaram os exercícios contidos nessa seção.

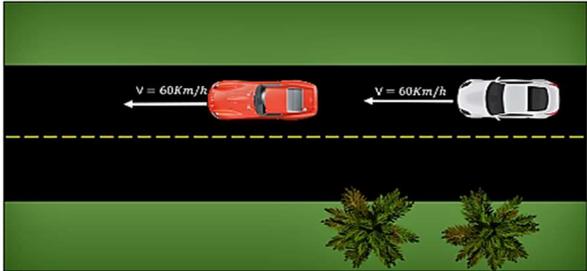
Na primeira atividade, solicitou-se que os estudantes descrevessem uma situação real de movimento onde um objeto é observado por dois observadores posicionados em referenciais diferentes e com velocidades diferentes. Trinta e dois estudantes responderam essa atividade, dos quais, três apresentaram respostas incorretas. Chama a atenção o fato de que os três estudantes que apresentaram respostas incorretas também apareceram na segunda coluna do gráfico apresentado na figura 16.

A segunda atividade explorou a discussão sobre a relatividade do movimento e solicitou que, ao aplicar o conceito de velocidade relativa no caso ilustrado pela figura 17, os estudantes justificassem o porquê se considera que um automóvel está em repouso em relação ao outro.

Figura 17 – Recorte da descrição da segunda atividade presente na lição do tópico 1

Organizando as ideias [?]

Visualizar Editár Relatórios Avaliar dissertações



Ao longo da explicação, algumas situações foram apresentadas. Sua tarefa agora é de justificar o caso 1 (ilustrado na figura acima). Encontre a velocidade relativa entre os dois carros e explique porquê podemos considerar que um está em repouso em relação ao outro.

A sua resposta

📄 🔍 B I ☰ ☰ 🔗 🗑️ 🖼️

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Quarenta e três estudantes apresentaram respostas para a atividade, destas, quatro indicaram incorreções. Dos quatro estudantes cujas respostas apresentavam incorreções, dois localizam-se na segunda coluna da figura 15 e os outros dois não haviam respondido nenhuma atividade até então. O quadro 6 traz exemplos de respostas consideradas corretas para o exercício em questão.

Quadro 6 – Exemplos de respostas consideradas corretas para o segundo exercício do tópico 1

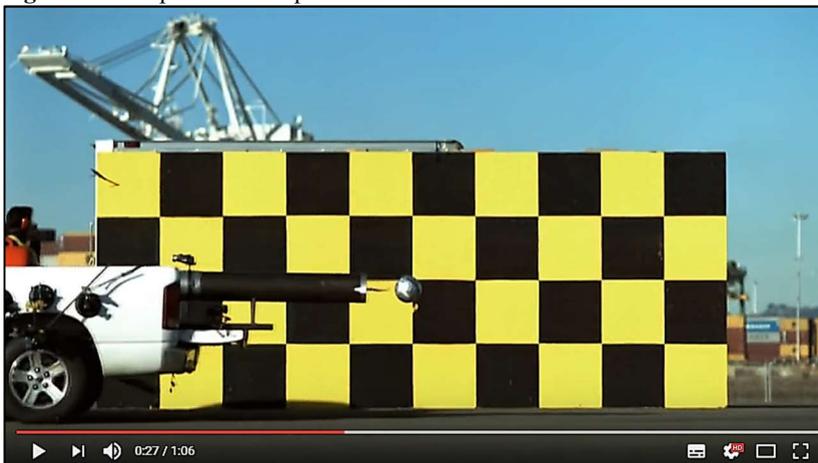
Estudante 2	“Um está em repouso em relação ao outro pois $V_r = V_1 - V_2$, ou seja, $V_r = 60 - 60$, que é igual a 0. O carro branco se move com velocidade de 0 km/h em relação ao carro vermelho e vice-versa.”.
Estudante 6	“Podemos visualizar que a velocidade relativa entre eles é igual 0 Km/h pois ao pegarmos o carro branco como referencial, o carro vermelho está em repouso em relação a ele (pois não há variação de distância entre eles) já que estão em velocidades constantes e iguais e com sentido e direção iguais, também”

Fonte: elaborado pelo autor (2017)

A terceira atividade consistiu no fechamento da lição, e contabilizou a participação de 46 estudantes. Nesta tarefa, solicitou-se que eles analisassem um vídeo e justificassem o movimento do objeto por meio de uma breve descrição do filme. O vídeo¹⁷ retrata uma bola sendo disparada da carroceria de um automóvel onde ambos apresentam velocidades de 100 km/h na direção horizontal, todavia com sentidos opostos. Conforme a figura 18, a câmera está posicionada no solo e capta a imagem da bola realizando um movimento de queda puramente vertical.

¹⁷ Frank Noschese. Disponível em www.youtube.com/watch?v=BLu118nhzc. Acesso em 15 jun. 2016.

Figura 18 – Captura de um quadro do vídeo utilizado no terceiro exercício



Fonte: www.youtube.com/watch?v=BLuI18nhzc, disponibilizado no AVEA pelo autor (15 jun. 2016)

A medida em que o nível de dificuldade das questões aumentou, percebeu-se que o número de respostas corretas diminuiu. Para a terceira atividade, 23 estudantes apresentaram respostas consideradas corretas. Esse grupo foi capaz de posicionar-se no referencial da câmera, calcular a velocidade relativa entre bola e automóvel e, com isto, justificar o exposto no vídeo. No quadro 7 são apresentadas algumas respostas destes estudantes:

Quadro 7 – Seleção de respostas consideradas corretas para a terceira atividade do tópico 1

Estudante 29	“Na hora do disparo, a bola é acelerada na direção oposta ao movimento da camionete, de forma a atingir uma velocidade igual à da camionete, mas no sentido contrário. Para a camionete, a bola percorre uma trajetória parabólica, como um projétil que tenha sido disparado. Para um observador que está no solo, para o qual a camionete esteja viajando em uma velocidade constante, a bola ou projétil simplesmente cai em linha reta e vertical”.
Estudante 28	“O vídeo retrata uma camionete com velocidade constante, que em determinado tempo dispara o canhão que está transportando, ao disparar a bola de futebol, para a câmera parece cair reto ao chão, isso acontece, pois, as velocidades se anulam. Por estar viajando com a camionete a uma velocidade 100 Km/h, ao ser disparada a bola é acelerada até 100 Km/h,

	mas direção oposta ao movimento da camionete, ou seja, a camionete será o V_1 e a bola disparada o V_2 , assim: $V_r = V_1 - V_2 \gg V_r = 100 - 100 \gg V_r = 0 \text{ Km/h}$. Com isso, temos que a velocidade da bola se anulará com a da camionete, permanecendo parada após ser disparada, e cairá reto ao chão devido a atuação da força da gravidade”.
--	--

Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Dez estudantes apresentaram respostas consideradas corretas, com ressalvas. Essas respostas carregam ideias corretas sobre a relatividade do movimento, porém utilizam argumentos incompletos ou conceitos inadequados para justificar a situação. Todos receberam feedback não imediato objetivando uma nova reflexão sobre a resposta apresentada. No quadro 8 são apresentadas algumas respostas que ilustram esse agrupamento:

Quadro 8 - Seleção de respostas consideradas corretas com ressalvas para a terceira atividade do tópico 1

Estudante 5	“O carro está com velocidade de 200km/h (por exemplo), a bola inicialmente está em movimento junto com o carro, então se a bola for solta sem exercer nenhuma outra força ela iria continuar com a mesma velocidade (200km/h), mas no vídeo a bola caiu verticalmente, então posso concluir que na traseira do carro tem um canhão e que ele lança a bola a 200km/h, fazendo então que a bola caia verticalmente, pois, as forças se anularam”.
Estudante 10	“Quando a bola é disparada, ela se encontra na direção oposta ao movimento do carro, atingindo uma velocidade idêntica a do mesmo, mas no sentido contrário. Observa-se que a bola se encontrava na horizontal, e quando é disparada para fora do carro, cai na vertical. A razão dela cair em linha reta pode ser justificada devido o fato de que grandezas vetoriais, porém com sentidos contrários e valores idênticos, se anulam”.

Fonte: elaborado pelo autor (2017)

Dez estudantes não apresentaram uma resposta considerada correta para a atividade. No quadro 9 são apresentadas algumas respostas selecionadas deste grupo.

Quadro 9 - Seleção de respostas consideradas incorretas para a terceira atividade do tópico 1

Estudante 16	“É um vídeo aonde uma mulher atira uma bola que está em um carro ambos os dois estão com mesma velocidade, ou seja,
--------------	---

	em repouso um com o outro. Após atira a bola a mesma fica em repouso pois o carro continuará com sua velocidade enquanto a bola fica parada”.
Estudante 26	“A bola ficou parada, acredito que pelo fato de ter sido aplicada uma mesma força sobre a bola do que a velocidade que o carro estava naquele momento em que a bola foi deixada no local.”

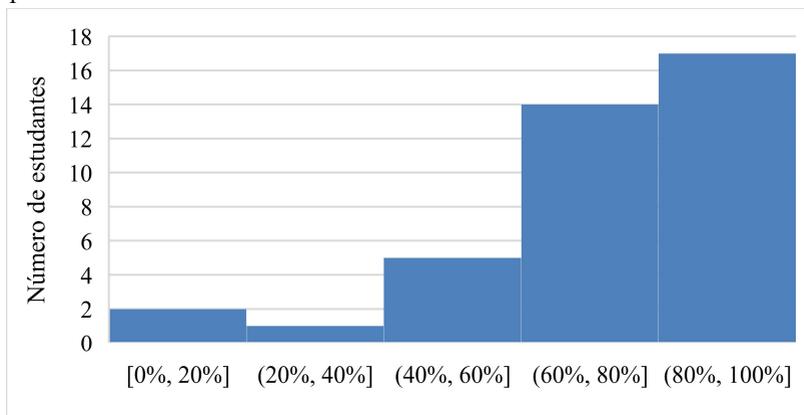
Fonte: elaborado pelo autor (2017)

6.1.4 Considerações sobre a aplicação do tópico 1

Ao longo do primeiro tópico, os estudantes foram submetidos a questionamentos com diferentes níveis de dificuldade, formatos e estilos de resposta. Para uma avaliação global desse tópico, realizou-se a verificação do aproveitamento das atividades propostas. O aproveitamento foi verificado por meio do número de acertos totais e parciais apresentados nas respostas dos estudantes. Para maior confiabilidade na mensuração do aproveitamento, a análise foi realizada levando em conta apenas os dados de 39 estudantes que responderam todas as atividades.

Este levantamento está sistematizado na figura 19, onde é apresentada a distribuição percentual do aproveitamento das atividades pela frequência de ocorrência. Por meio do gráfico, observa-se que o tópico apresentou um nível de aproveitamento muito bom, pois 31 estudantes apresentaram rendimento maior do que 60%, dos quais 17 apresentaram rendimento superior a 80%. Este fato indica êxito no uso do AVEA durante a abordagem dos conceitos referentes ao uso do referencial para a descrição dos movimentos e a velocidade relativa.

Figura 19 - Distribuição percentual do aproveitamento das atividades do tópico 1



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

6.2 AS IDEIAS DE GALILEU ATRAVÉS DE UMA ATIVIDADE WIKI

Nesta seção serão analisados a aplicação e os resultados da atividade *wiki* descrita na seção 4.2.2. A partir de algumas leituras de trechos selecionados dos escritos originais de Galileu Galilei contidos no “Diálogo”¹⁸, os estudantes foram incentivados a elaborar um hipertexto colaborativo abordando o contexto histórico e científico no qual o pensador esteve inserido, enfatizando suas ideias e experiências apresentadas ao longo das leituras indicadas.

Durante o período em que a atividade *wiki* esteve disponível para edição, foram contabilizadas 7117 visualizações, das quais 71% foram realizadas a partir da escola durante o horário normal da classe. Este fato destaca a falta de hábito dos estudantes em realizar atividades no formato *wiki* fora do horário de aula. Evidencia também a relevância do incentivo e da orientação do professor durante o período presencial de aplicação do AVEA.

Para a realização desta atividade os estudantes foram subdivididos em duas turmas, conforme seu número de matrícula, que, ao longo desta seção serão diferenciadas através das denominações: “turma 1” e “turma 2”. Os estudantes dispuseram de três encontros semanais e presenciais,

¹⁸ GALILEI, op. cit.

cada um com 110 minutos de duração, além de quatro semanas com acesso extraclasse para edições.

A execução da atividade durante os períodos presenciais pode ser dividida em duas etapas. A primeira, que compreende um encontro semanal, foi dedicada aos esclarecimentos sobre a realização da atividade e à leitura dos trechos recortados do “Diálogo”. Já a segunda etapa, que compreende os dois encontros semanais restantes, foi dedicada à construção do hipertexto colaborativo.

Na primeira etapa, os estudantes relataram dificuldades de interpretação e entendimento durante as leituras. Tais dificuldades podem ser justificadas pelo vocabulário complexo empregado pelo autor. Numa tentativa de amenizar este problema, recomendou-se que os estudantes utilizassem a ferramenta “glossário”, presente no Moodle, para a construção colaborativa do significado contextualizado dos termos mais complexos. Ambas as turmas fizeram uso desta ferramenta que, no final da atividade, apresentou a definição de aproximadamente 30 termos.

Uma particularidade desta etapa foi o grande número de vezes em que o professor foi chamado para colaborar na elucidação das cenas descritas nos diálogos. Considerando que a abordagem através da imaginação de cenários seguida de sua discussão seja amplamente utilizada nas aulas e materiais didáticos, as dúvidas levantadas mostram a importância e a necessidade da presença do professor orientador durante a aplicação deste tipo de atividade.

Na segunda etapa, os estudantes dedicaram-se à construção das páginas HTML¹⁹ no formato *wiki*. Ambas as turmas apresentaram preocupação em construir uma página principal a partir da qual ramificasse o texto por meio de uma cadeia de hiperlinks, bastante semelhante a uma página da Wikipédia, modelo utilizado para exemplificar o formato da atividade. Também observou-se que as duas turmas empregaram vídeos disponíveis no Youtube®, imagens e animações para ilustrar e contextualizar a produção textual, caracterizando a integração hipermidiática, um subsídio potencializador do processo de ensino que, segundo Fruet (2010) possibilita interação dialógico-problematizadora, interatividade e desenvolvimento da flexibilidade cognitiva

Para acompanhamento e avaliação das atividades *wiki*, o Moodle fornece o controle de versões, onde o professor tem acesso ao histórico de edições. Por meio dele, por exemplo, é possível controlar a frequência de alterações de uma página, onde se observa a participação individual ou

¹⁹ Abreviação em inglês para: “linguagem de marcação de hipertexto”, utilizada para a construção de páginas na web.

em grupo nas alterações do texto. Também permite verificar como foram feitas estas alterações, permitindo a análise do caráter colaborativo da construção textual. Ao analisar o controle de versões, percebeu-se peculiaridades que, por vezes, assemelharam e por outras distinguiram as turmas.

Em relação ao processo de construção do texto, constatou-se que ambas as turmas apresentaram boa parte de suas argumentações baseadas em materiais disponíveis na Internet, muitas vezes fazendo citações literais sem apresentar a devida referência. Com o intuito de minimizar este problema, o professor sugeriu que cada página criada deveria conter em sua estrutura as fontes de informação utilizadas durante a argumentação no texto. Já no tocante à colaboração, enquanto a turma 1 apresentou um texto cuja construção contou com um maior número de participantes editando uma mesma página, a turma 2 exibiu um texto que foi escrito de forma mais individualizada, mas que foi visualizado mais vezes pelos membros da equipe. Contudo, as duas turmas apresentaram textos colaborativos, sendo que, a turma 1 mostrou-se mais cooperativa ao longo da construção enquanto a turma 2 destacou-se pela produção individualizada, porém averiguada por mais membros da equipe.

Ao longo dos textos, ambas as turmas enfatizaram o contexto histórico e social ao qual Galileu esteve inserido. Apresentaram-no como o “pai da Física moderna” ao apontar suas invenções e contribuições para a ciência, destacaram as concepções ideológicas e filosóficas da época, salientaram sua forma criativa de escrever para evitar as perseguições do Santo Ofício, além de citar sua condenação inquisitorial.

Ao analisar os textos, encontram-se passagens onde é feito o uso do conceito de referencial, como no recorte apresentado no quadro 10 retirado da construção textual da turma 1:

Quadro 10 – Recorte do texto produzido pela turma 1 na atividade *wiki* ilustrando o uso do conceito de referencial

<p>“Para refletir: Suponha que você é um observador no cais de um porto, e a sua frente há um navio que se move com velocidade constante. Se alguém que estiver no alto do mastro com uma esfera de ferro nas mãos a soltar, onde a esfera irá cair? Pois bem, de acordo com Galileu, a esfera está acompanhando a velocidade do barco e cairá exatamente embaixo do ponto onde foi largada. Para a pessoa que estava dentro do navio, a esfera caiu verticalmente, mas para o observador afastado do navio não, pois se ela caísse verticalmente com o navio em movimento, iria ser em um ponto bem afastado do mastro.”</p>

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

O trecho apresentado no quadro 11, retirado da produção da turma 2, permite constatar o emprego das noções de movimento e repouso ligadas a um referencial.

Quadro 11 - Recorte do texto produzido pela turma 2 na atividade *wiki* ilustrando o uso do conceito de referencial

“Conclui-se então que a trajetória do corpo, observado do referencial em que ele é abandonado a partir do repouso, é sempre uma linha reta vertical, quando este referencial está em repouso ou se move com uma velocidade horizontal constante em relação a um referencial fixo na superfície da Terra.”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Outro aspecto relevante que se destaca na produção textual aparece quando são analisadas as tentativas de diferenciação entre os referenciais inercial e não inercial. A turma 1 construiu uma página exclusiva para tratar desse conceito e, utilizando o exemplo clássico das pessoas soltas dentro de um ônibus em movimento uniformemente variado, conseguiu apresentar de forma incipiente as diferenças entre os referenciais inercial e não inercial. Pode-se observar no recorte do quadro 12, quando o conceito foi aplicado ao movimento do planeta Terra:

Quadro 12 - Recorte do texto produzido pela turma 1 na atividade *wiki* referindo-se aos referenciais inercial e não inercial

“A Terra, em virtude do seu movimento de rotação, não pode ser propriamente considerada um referencial inercial. No entanto, para movimentos de pequena duração, pode-se desprezar os efeitos de rotação e considerar a Terra como sendo um referencial inercial”.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Neste aspecto, o texto da turma 2 apresentou distinção entre os referenciais ao levar em consideração a presença ou a ausência de forças, conforme verificado no recorte do quadro 13.

Quadro 13 - Recorte do texto produzido pela turma 2 na atividade *wiki* diferenciando referenciais inerciais de não inerciais

“Referenciais não-inercial podem ser distinguidos pela presença de forças. Referencial não-inercial é qualquer referencial que possua movimento de aceleração (não constante).”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Levando em conta que um dos questionamentos norteadores para a realização da tarefa *wiki* consistia na caracterização de diferenças entre

a classe de referenciais inerciais e a classe dos não inerciais, percebeu-se que os textos não abordaram a diferenciação em sua totalidade. De fato, este era um resultado esperado, tendo em vista que os estudantes ainda não haviam tido contato com tais conceitos de maneira formal. Não obstante, este questionamento desempenhou um papel de reflexão inicial para atividades subsequentes.

Um quesito esperado ao longo do planejamento da atividade teve como foco o incentivo à argumentação sobre a impossibilidade de detecção de um movimento uniforme a partir de um referencial inercial. Todas as leituras indicadas traziam elementos que direcionavam a atenção para essa implicação da relatividade galileana, além dos questionamentos norteadores que também orientavam para esse objetivo. Constataram-se tentativas por parte de ambas as turmas para cumpri-lo. Ao escrever: *“O conceito de movimento uniforme e de repouso são conceitualmente idênticos”*, a turma 2 ensaia discutir essa questão, contudo, não dá continuidade à argumentação. A turma 1 também vai nessa direção quando escreve: *“Simplicio afirma que não sentimos o movimento de rotação da Terra, pois estamos compartilhando o mesmo deslocamento que ela, por conta da inércia”*, porém, assim como a outra turma, não apresenta seguimento na argumentação.

Em um outro fragmento, percebemos que a turma 1 novamente procura discutir sobre a impossibilidade de detecção de um movimento uniforme, quando apresenta a seguinte consideração: *“As ideias de Simplicio defendem que pode-se saber se o navio está em movimento ou não, devido a distância que a bola cairá do mastro”*, referindo-se à incompatibilidade envolvendo a concepção aristotélica e a concepção galileana de movimento. Entretanto, mais uma vez a argumentação com grande potencial encerra-se sem ser desenvolvida em sua totalidade.

Levanta-se a hipótese de que ao tomar contato com esses tipos de situações e refletir sobre elas enquanto discute e escreve um texto colaborativo, a assimilação dos conceitos envolvidos por parte dos estudantes possa ser facilitada em atividades subsequentes, cujo ponto de partida leve em consideração as limitações argumentativas por eles manifestadas.

De modo geral, os dois textos apresentados na conclusão da atividade *wiki* assinalaram a necessidade de retomada de alguns conceitos por parte do professor. Tanto pelo grau de aprofundamento, visto que a maioria dos tópicos apresentaram discussão de forma breve, quanto pelo fato de não ter sido possível identificar se os estudantes se apropriaram desses conceitos realizando as reflexões devidas sobre o tema ao longo da atividade.

Percebeu-se que a atividade contribuiu por revelar-se uma metodologia diferenciada de abordagem dos conceitos da Física. A construção de um texto colaborativo, quando executado com o mesmo interesse por todos os componentes do grupo, exige que sejam feitas pesquisas, leituras, discussões, argumentações, conciliações e releituras, atitudes sempre almeçadas no contexto da aprendizagem. Oferecer novas formas de argumentação e posicionamento aos estudantes pode transformar-se num fator de reforço motivacional para a aprendizagem.

Ao observar que 29% das visualizações da atividade aconteceram a partir de computadores localizados fora do ambiente escolar e em horário extraclasse, evidencia-se a importância do período presencial para a execução da atividade, mas também não minimiza a relevância da possibilidade do acesso dos estudantes fora da sala de aula.

O período presencial sinalizou a necessidade de orientação permanente por parte do professor ao acompanhar a produção do texto colaborativo. A primeira avaliação das produções depois de finalizado o prazo estabelecido mostrou a presença de elementos fundamentais para a construção do entendimento dos pontos principais da relatividade de Galileu. Entretanto, também revelou a necessidade da revisão de diversos pontos conceituais, como exemplo uma discussão mais profunda das concepções de força presentes ao longo da evolução do pensamento científico, da diferenciação entre os tipos de referenciais, entre outros.

6.3 SOBRE O PRINCÍPIO DA RELATIVIDADE DE GALILEU

Nesta seção serão analisadas as respostas das atividades contidas no terceiro tópico descrito na seção 4.2.3.

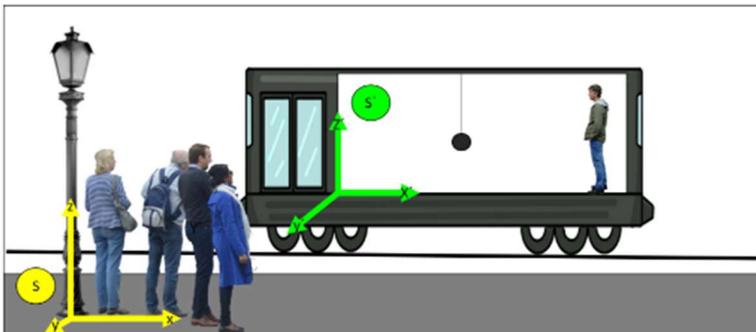
6.3.1 Análise da primeira tarefa do tópico 3

A proposta contida na primeira tarefa está explicitada na figura 20, onde se observa a descrição da cena a ser analisada pelos estudantes, bem como os questionamentos norteadores sugeridos para orientar a construção da resposta em formato de texto curto. A cena foi construída e modificada a partir de situações apresentadas por Pietrocola e Zylbersztajn (1996).

Figura 20 – Proposta da primeira tarefa do tópico 3

1-Tarefa

Vamos supor a seguinte situação: Uma esfera de metal está pendurada no teto de um vagão de trem através de um barbante. inicialmente o trem encontra-se em repouso em relação a estação. Observadores estão posicionados dentro e fora do vagão e todos conseguem enxergar o pêndulo. Nesta situação inicial, concordamos que observadores posicionados nos dois referenciais percebem que o pêndulo está em repouso.



Modificando um pouco a situação anterior, o que aconteceria com o pêndulo caso o trem estivesse com uma velocidade constante em relação a plataforma? (discuta sobre isso com seus colegas e com o seu professor!)

Observadores posicionados dentro e fora do vagão enxergariam a mesma coisa?

O barbante que segura a esfera apresentará alguma inclinação ou não?

Quem consegue descrever o que acontece com o pêndulo de forma mais correta?

Existe um referencial privilegiado para a descrição do movimento do pêndulo?

Existe um referencial que facilite a descrição do fenômeno que está acontecendo?

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

A tarefa contou com 48 respostas, e foi executada durante período presencial. Primeiramente, chama a atenção o fato de 47 estudantes, compreendendo 98% das respostas, indicarem que os observadores posicionados em S, em repouso em relação ao solo, enxergam o pêndulo em movimento, enquanto que o observador posicionado em S', em repouso em relação ao vagão, enxerga o pêndulo em repouso. Os recortes contidos no quadro 14 sustentam o exposto acima.

Quadro 14 – Recorte de respostas apresentadas na primeira tarefa do tópico 3

Estudante 9	“[...]Observadores posicionados dentro e fora do vagão enxergariam a mesma coisa? Não. Observadores dentro do vagão veriam o pêndulo em repouso, pois estão com a mesma velocidade dele, caso estivessem em velocidade diferente dele o veriam em movimento. Já em relação aos observadores de fora do trem, que estão em repouso, o pêndulo estaria em movimento, pois há variação de distância entre eles, caso as pessoas que estão na plataforma estivessem em movimento igual ao trem/pêndulo o veriam em repouso[...].”
Estudante 26	“As pessoas que estão na plataforma verão o pêndulo se movimentando com velocidade constante, já o cara que está no vagão verá o pendulo parado[...].”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Este aspecto é importante, pois indica que as atividades e discussões anteriores contribuíram para o emprego do referencial na definição do estado de movimento do móvel pela maioria dos estudantes.

O segundo questionamento norteador solicita que os estudantes reflitam sobre uma possível inclinação do fio que sustenta o pêndulo em virtude do movimento uniforme apresentado pelo vagão. Quarenta e três estudantes indicaram que ambos os observadores em questão não constatarão nenhuma inclinação no fio. O quadro 15 apresenta alguns recortes das respostas apresentadas.

Quadro 15 - Recorte de respostas abordando a não inclinação do pêndulo na primeira tarefa do tópico 3

Estudante 6	“[...] o observador que está dentro do vagão consegue perceber o pêndulo em repouso, pois este está na mesma velocidade constante do vagão, não percebendo também nenhum tipo de inclinação no pêndulo. Já os observadores externos, notam o vagão em movimento e em consequência, observam o pêndulo em movimento, já que este está junto ao vagão em velocidade constante, mas não apresenta nenhum tipo de inclinação devido à velocidade constante deste. [...]”.
Estudante 27	“[...] o barbante não apresenta nenhuma inclinação, uma vez que não ocorreu nenhuma aceleração ou frenagem [...]”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Tais respostas indicam a compreensão, pela maioria dos estudantes, da impossibilidade de detecção de movimentos retilíneos uniformes em relação a um sistema inercial, elemento fundamental na

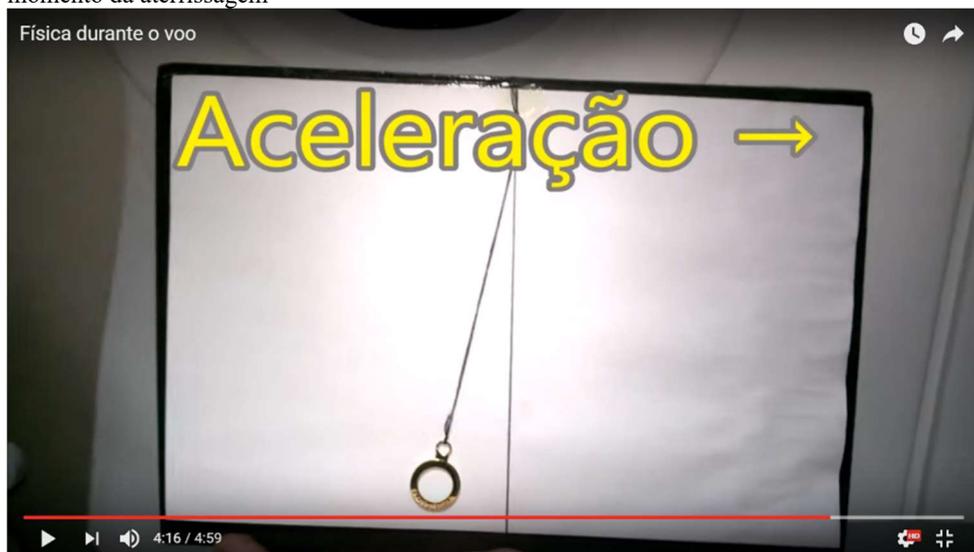
elucidação da relatividade galileana. Outro dado interessante aparece quando 41 respostas indicam a não existência de referenciais privilegiados para a descrição do movimento do pêndulo.

Antes de iniciar as próximas análises, convém esclarecer que a segunda, terceira e quarta tarefas analisadas a seguir estão contidas no decorrer da lição denominada “As transformações de Galileu”.

6.3.2. Análise da segunda tarefa do tópico 3

A segunda atividade deste tópico consistiu na descrição orientada de um vídeo²⁰ que ilustra o comportamento de um pêndulo no interior de um avião durante os momentos de decolagem, voo de cruzeiro e aterrissagem. A figura 21 traz um quadro do vídeo que ilustra o momento da aterrissagem. Trinta estudantes apresentaram retorno para essa atividade em formato de texto curto.

Figura 21 – Quadro do vídeo ilustrando o comportamento do pêndulo no momento da aterrissagem



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=7IWwzHNUjjs>, disponibilizado no AVEA pelo autor (15 jun. 2016)

²⁰ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=7IWwzHNUjjs>. Acesso em 15 jun, 2016

A princípio, a análise das respostas indicou que todos os estudantes perceberam o comportamento variável do pêndulo, ao longo do vídeo, ao descreverem o padrão de comportamento do mesmo.

Com o intuito de provocar uma reflexão direcionada para o princípio da relatividade galileana, dois questionamentos norteadores e ligados às reflexões feitas na atividade *wiki* anterior estimulavam os estudantes a verificar uma possível influência da velocidade do avião no comportamento do pêndulo.

1. A velocidade do avião influencia o comportamento do pêndulo?
2. Em quais momentos o avião apresentou velocidade constante? Há como perceber isso?

Entre as 30 respostas apresentadas, 28 argumentaram a favor da não influência da velocidade do avião sobre o comportamento do pêndulo. Dentro das 28 respostas, três apresentaram o argumento de forma explícita, apresentando a aceleração do avião como a causa da inclinação do pêndulo, ilustrado no quadro 16.

Quadro 16 – Recortes de respostas que apresentam a aceleração do avião como causa da inclinação do pêndulo

Estudante 5	“[...] A velocidade não influencia, pois, um avião pode estar a 700 km/h que o pendulo pode não se mexer, o que influencia é a aceleração. [...]”
Estudante 7	“[...] A velocidade do avião, quando constante não influencia no comportamento do pendulo. [...]”
Estudante 38	“[...] A velocidade do avião não influencia, e sim a aceleração e a desaceleração [...]”.

Fonte: organizado pelo autor (2017).

As demais 25 respostas, inicialmente, alegaram que o comportamento do pêndulo depende da velocidade do avião. Contudo, ao complementar seus argumentos, deixaram claro que não é a velocidade, e sim sua variação que causa influência na inclinação do pêndulo, conforme verificado nos recortes do quadro 17.

Quadro 17 - Recortes de respostas que apresentam a variação da velocidade do avião como causa da inclinação do pêndulo

Estudante 4	“[...]A velocidade do avião vai alterar o comportamento do pêndulo, pois quando ele acelera, o pêndulo irá se inclinar, por cauda da aceleração (aumento da velocidade) do avião e
-------------	--

	também houve mudança na inclinação do pêndulo conforme o avião pousa ou decola. Quando ele decolava o pêndulo se inclinava para trás/direita por causa que o avião está ganhando velocidade conforme o tempo passava, fazendo com que o pendulo se inclinasse. No pouso é a mesma situação, só que daí o avião vai estar desacelerando/freando, ou seja, ele vai estar perdendo velocidade, fazendo com o que o pêndulo fosse para frente. [...]”.
Estudante 17	“[...]A velocidade influencia sim, pois se a velocidade fosse constante o pendulo permaneceria em repouso, com a variação da velocidade ele tende a se movimentar em sentido contrário ao da aceleração. [...]”.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Outro dado importante surge quando 26 estudantes apontam a inclinação do pêndulo como uma forma de diferenciar movimentos retilíneos uniformes (MRU) de movimentos retilíneos uniformemente variados (MRUV), elemento importante para a elucidação da relatividade galileana. Algumas respostas que corroboram o exposto acima são apresentadas no quadro 18.

Quadro 18 - Recortes de respostas que apresentam o pêndulo como equipamento para detecção do MRUV

Estudante 6	“[...] podemos perceber que o avião está em velocidade constante devido a não inclinação do pêndulo durante alguns momentos. [...]”.
Estudante 22	“[...] O avião apresentou velocidade constante no "meio" do voo, e pode-se perceber observando a parte externa do avião (se possível), ou observando a inclinação do pêndulo. Se não houver inclinação, o avião está em velocidade constante [...]”.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

6.3.3 Análise da terceira tarefa do tópico 3

A terceira atividade do tópico resumiu-se em um fórum de discussão. Nele, os estudantes deveriam iniciar discussões em grupo ao tentar propor, dentro de tópicos do fórum, experimentos mentais capazes de detectar movimentos retilíneos uniformes a partir do interior de um baú de caminhão que impossibilita qualquer observação externa.

A atividade contou com a participação de 32 estudantes, onde os membros da turma 1 apresentaram 17 tentativas de início de discussão, enquanto que os membros da turma 2 apresentaram quatro. Apesar de mais numerosos, os tópicos de discussão propostos pela turma 1 não

foram capazes de gerar discussões entre os membros do grupo. Já o tópico proposto pelo estudante 41 da turma 2, mostrado integralmente no quadro 19, elucidou o encadeamento de participações na discussão, da forma como foi planejada ao longo da construção do AVEA.

Quadro 19 – Encadeamento de participação dos estudantes da turma 2 em um dos tópicos propostos no fórum “experimento mental 1”

Estudante 41 — “Ao analisar a situação proposta pelo professor, creio que não há como sabermos se estaríamos em repouso ou movimento, pois, como não há nenhum contato com o exterior do baú e o caminhão encontra-se com velocidade constante, não haveria um meio de sabermos. Caso houvesse uma aceleração ou desaceleração, mesmo que mínima, e nós tivéssemos um pêndulo como o do professor no vídeo anterior, haveria como descobrir sobre a movimentação e o sentido do mesmo.”

Estudante 31 — “Concordo, pois como você disse [Estudante 41], não temos como saber se estamos em movimento ou repouso, por que o caminhão estava com velocidade constante, em uma reta e sem obstáculos. Se caso o motorista fizesse com que o caminhão parasse e depois acelerara-se, iria ter como provar ao seu amigo que estão em movimento.”

Estudante 34 — “Como não tem contato nenhum e a estrada não tem buraco e a pista é lisa, muito menos aceleração da velocidade, não há como saber se estamos parados ou em movimento. Se tivesse algum atrito com o solo seria possível, mas como não ha não tem como saber.”

Estudante 37 — “Não temos como saber, pois, como já foi dito estando em repouso ou em movimento sentiríamos a mesma sensação, como não podemos observar e nem ouvir fora do baú.”

Estudante 45 — “Eu também concordo que não temos como provar se estamos em movimento ou em repouso, pois não tem aceleração nem buracos na pista e ela é lisa, e não tem como ouvir nem ver o que está acontecendo lá fora é impossível saber ou comprovar se estamos em repouso ou em movimento.”

Estudante 36 — “Concordo que não tem como saber se estaríamos em movimento ou repouso pelo fato do caminhão encontrar-se em velocidade constante, por não ter visão nem contato com o meio externo e pela pista ser totalmente lisa sem nenhum buraco.”

Estudante 29 — “Em primeira instância, é quase que óbvio que não existe uma maneira de perceber, afinal de conta não existe nenhuma interferência externa, ao meu ver uma maneira que talvez comprovasse que ele estaria em movimento ou não seria ele dar um pulo, junto com movimento, talvez conseguisse perceber o movimento, mas não consegui formular com convicção esta tentativa, logo, não garanto êxito na tentativa.”

Estudante 33 — “Como meus colegas já falaram, não teria como saber se estamos em movimento ou repouso, pois o caminhão está com velocidade constante, não sofre aceleração e a pista nem tem buracos, ela é lisa.”

Estudante 30 — “Segundo a situação apresentada, chega-se a conclusão de que não há como perceber se o caminhão encontrasse em movimento ou em repouso, pois não sofre aceleração e não acontece nada que possa ser utilizado para notarmos o estado em que ele se encontra. ”

Estudante 40 — “Na situação em questão, seria impossível afirmar que os passageiros estão em movimento ou repouso sem nenhum contato com o exterior e o caminhão andando em velocidade constante. Seria possível notar algum movimento se o caminhão sofresse alguma aceleração ou desaceleração.”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Apesar do baixo índice de encadeamento de respostas ao longo dos debates propostos, é perceptível que, nesta etapa, os membros da turma 2 abstraíram a lógica de participação no fórum melhor do que os membros da turma 1.

É pertinente uma reflexão a respeito da possibilidade de interferência do professor ao longo das discussões propostas nos fóruns. Ainda que seja considerado uma ferramenta de comunicação assíncrona, boa parte das discussões, no fórum, são travadas nos momentos presenciais. Nestes casos, é importante que o professor participe das discussões, não apenas de forma passiva, mediante a solicitação verbal de algum aluno, mas também de forma ativa, quando instiga e propõe questionamentos diretamente no fórum. Quando o professor participa da discussão como usuário do AVEA pertencente ao mesmo patamar do estudante, as chances de êxito no debate são ampliadas.

Em última análise, todos os debates propostos por ambas as turmas, mesmo que sem nenhum encadeamento posterior, indicam a impossibilidade de detecção de MRU a partir de um referencial inercial. Supõe-se a partir daí que os estudantes participantes possuem condições favoráveis para uma abordagem mais direta sobre a relatividade galileana.

6.3.4 Análise da quarta tarefa do tópico 3

Após a continuação da lição que aborda as transformadas de Galileu para as posições e para as velocidades, a quarta atividade proposta resume-se no experimento mental descrito na figura 22. O experimento mental proposto foi modificado de Pietrocola e Zylbersztajn (1996).

Figura 22 – Experimento mental proposto como motivador para a realização da quarta tarefa

Segundo experimento mental

Imagine a seguinte situação: Foram instaladas tabelas de basquete nas paredes laterais do vagão do trem. Você está no interior do vagão arremessando a bola. Neste experimento, vamos desprezar as forças de resistência do ar.

Observadores em repouso em relação a S conseguem ver tudo o que acontece dentro do vagão.

- O trem se desloca com $v_{trem} = 40\text{m/s}$ para a direita;
- A bola é arremessada com $v_{bola} = 5\text{m/s}$ para a esquerda;
- Tanto o trem quanto a bola possuem velocidades constantes.

- 1) Qual é a velocidade da bola que uma das pessoas que está fora do trem consegue medir?
- 2) Qual é a velocidade da bola para você que está em repouso em relação a S'?
- 3) É mais fácil jogar a bola na cesta da esquerda ou na da direita?
- 4) Se jogamos a bola para cima, onde ela cairá?

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

O objetivo principal desta atividade é fomentar a discussão do experimento mental entre os estudantes por meio de tópicos de um fórum de discussão. Entretanto, percebeu-se que o formato no qual os questionamentos foram expressos levou, na maioria dos casos, à publicação de respostas individuais, descumprindo com o esperado para a atividade.

Os dois primeiros questionamentos propostos solicitam a aplicação direta das transformadas de Galileu para as velocidades. Nas 24 menções de resposta a estes dois questionamentos, observa-se 100% de acerto.

Já o terceiro questionamento faz parte de uma continuidade de reflexões já realizadas tanto em atividades anteriores quanto no texto da lição que concatena o tópico, para fundamentar uma posterior abordagem do princípio da relatividade galileana. O questionamento em si provoca a argumentação dos estudantes sobre possíveis facilidades e dificuldades

que um passageiro de trem encontra ao arremessar uma bola contrariamente ou a favor do sentido no qual se locomove o vagão em que viaja.

Vinte estudantes responderam de forma individualizada, ou seja, seus tópicos no fórum não foram respondidos pelos demais estudantes. Essas respostas indicam, de forma correta, que não há diferença em termos de esforço por parte do lançador no sentido com o qual a bola é lançada. Apenas uma resposta indicou ser mais fácil lançar a bola no sentido oposto ao da velocidade do trem em relação ao lançamento a favor dessa velocidade.

O quadro 20 apresenta o encadeamento de participações em uma das três discussões geradas a longo do fórum.

Quadro 20 - Encadeamento de participações de um grupo de estudantes num dos tópicos propostos no fórum “experimento mental 2”

Estudante 21 — “Fora do trem as pessoas conseguem medir uma velocidade de 35 m/s já que estão em movimento em relação ao trem, para quem está em repouso em relação ao trem, vai perceber a velocidade da bola que é igual a 5 m/s. Acredito ser mais fácil jogar a bola na cesta da direita, pois é a direção onde o trem está indo. Se a bola for jogada para cima ela cairá para trás, em direção ao lado direito. Pois ela não está em velocidade constante em relação ao trem.”

Estudante 7 — “Na minha opinião a bola será jogada facilmente para qualquer direção, pois o arremessador está em movimento constante junto com o vagão e, a bola cairá na vertical pois o vagão está com velocidade constante.”

Estudante 8 — “A bola não iria para 'trás', pois a pessoa que jogar a bola para cima estará em repouso, em relação ao vagão, e a bola juntamente, se você jogar ela para cima ela cairá reto para baixo novamente, pois a velocidade do vagão é constante e não há nem uma força que faz com que ela vá para trás.”

Estudante 20 — “Concordo com você, [estudante 8]. A bola cairá de forma linear para baixo, podemos ver um exemplo prático em nosso dia a dia, quando você está dentro do carro sentado e jogando a bola de vôlei para cima fazendo toques constantes nela, essa cai de volta na sua mão, não para trás, nem para a frente.”

Estudante 25 — “Como a bola possui a mesma velocidade que ambas as cestas, fica mais fácil arremessar na que estiver mais perto.”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Neste encadeamento de participações, observa-se a intervenção por parte de alguns estudantes frente à incorreção na resposta apresentada pelo estudante 21. Também se observa a presença de posicionamentos que alegam não existir diferença no esforço realizado para arremessar a

bola tendo em vista que ela, assim como os demais elementos da cena, compartilha do movimento do vagão.

Para concluir a lição “As transformações de Galileu”, texto hipermediático composto também pelas três últimas tarefas analisadas, os estudantes analisaram diagramas de forças para o pêndulo a partir de referenciais inerciais, ilustrado na figura 9, onde foram formalmente conduzidos ao princípio da relatividade de Galileu de maneira natural e espontânea.

6.3.5 Análise da quinta tarefa do tópico 3

Após a conclusão da lição: “As transformações de Galileu”, os estudantes foram convidados a realizar a quinta tarefa do tópico 3. A tarefa é composta por duas etapas. Primeiramente, é indicada a leitura de um extrato²¹ de o “Diálogo” de Galileu e, em seguida, propõe-se a redação de um texto curto motivado pela proposta contida no quadro 21.

Quadro 21 – Proposta da quinta tarefa do tópico 3

Este excerto aborda uma situação onde Galileu propõe diversos experimentos com o intuito de convencer o personagem Simplicio (adepto do aristotelismo) de que era impossível, de dentro do navio e sem olhar para fora dele, realizar qualquer experimento para detectar um possível estado de repouso ou de movimento. Já que para o caso de um navio isso era impossível, haveria como uma pessoa, em repouso em relação ao planeta Terra, perceber se o mesmo encontra-se parado ou em movimento caso este apresentasse um movimento uniforme?

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

O objetivo principal da tarefa consiste em estimular a comparação entre a ideia de impossibilidade de detecção de movimentos uniformes, apresentada por Galileu ao longo da leitura indicada, e as conclusões de um observador posicionado na superfície do globo terrestre. A atividade contou com a participação de 37 estudantes, na qual 34 apresentaram respostas indicando que, caso esteja impossibilitada de analisar fatores externos, a pessoa jamais conseguirá afirmar que a Terra está em repouso ou em movimento caso realize um MRU. O quadro 22 traz alguns trechos de respostas que corroboram com o exposto acima.

²¹ GALILEI, op. cit., p. 267 – 268.

Quadro 22 – Recortes de respostas indicando concordância com a relatividade galileiana

Estudante 3	“[...] Devemos considerar se a pessoa está dentro ou fora do planeta Terra, pois se estiver observando de dentro uma nave espacial em repouso em relação ao Sol, ela poderá perceber que a Terra está em movimento uniforme. Já quando o observador está dentro do planeta Terra, não seria possível perceber se está em movimento ou repouso utilizando o mesmo esquema do navio (sem olhar para fora dele), já que a pessoa estaria se movimentando junto com o planeta, na mesma velocidade. Portanto, o referencial irá interferir na observação do caso. [...].”
Estudante 10	“[...]considerando um referencial onde estivéssemos em repouso dentro do planeta Terra, não perceberíamos seu movimento, afinal estaríamos nos movimentando junto com ele e com uma velocidade uniforme. [...].”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Três estudantes não entenderam a proposta, que exigia a suposição do planeta Terra descrevendo movimento uniforme, e indicaram nas suas respostas o pêndulo de Foucault como uma forma de detectar o movimento de rotação do planeta. Apesar de corretos, esses estudantes não cumpriram com o objetivo da atividade que pretendia sinalizar uma das justificativas para o modelo ptolomaico ter se perpetuado por tanto tempo.

Quadro 23 – Recortes de respostas indicando o não cumprimento de objetivos para a atividade proposta

Estudante 13	“[...] nós não sentimos os movimentos da Terra, mas pode ser provado que a Terra está em movimento exemplo disso foi o experimento inventado pelo físico francês Jean Foucault, o pendulo de Foucault, experiência concebida para demonstrar a rotação da Terra em relação a um referencial, bem como a existência da força. [...].”
Estudante 10	“[...] seria possível sim, cito como exemplo o pêndulo [de Foucault] presente no museu da PUC em Porto Alegre, que mostra que o movimento da Terra não é uniforme. [...].”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

O ótimo desempenho do tópico aparece quando se observa que 92% dos estudantes participantes responderam a atividade de forma correta.

6.3.5 Análise da sexta tarefa do tópico 3

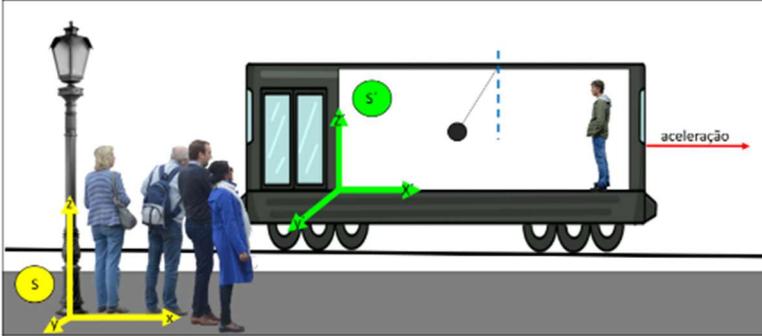
A sexta tarefa do tópico cinco está inserida no contexto da lição intitulada: “E para os casos onde os referenciais são acelerados”, que discute sobre referenciais não inerciais. Nessa atividade, os estudantes são convidados a realizar a construção de dois diagramas de forças aplicadas sobre um pêndulo que viaja em um vagão acelerado. Um diagrama a partir do referencial interno e outro a partir do referencial externo ao vagão, conforme ilustrado na figura 23.

Figura 23 – Proposta da sexta tarefa do tópico 3

Diagrama de forças

Observe novamente a imagem abaixo:

Você consegue perceber que os observadores posicionados dentro e fora do trem conseguem perceber que o pêndulo está inclinado?



A sua tarefa consiste em construir o diagrama de forças as quais atuam sobre o pêndulo quando vistas por:

- 1º: Observador posicionado fora do trem (em S);
- 2º: Observador posicionado dentro do trem (em S')

Para isto, é necessário fazer o download do arquivo de PowerPoint abaixo. Você editará este arquivo criando setas para representar as forças (há um exemplo no arquivo). Lembre-se que o diagrama de forças consiste em representar no objeto, todas as forças que atuam sobre ele. É interessante diferenciar cada tipo de força, por isso, utilize setas coloridas, dê nome a elas e justifique no campo indicado.

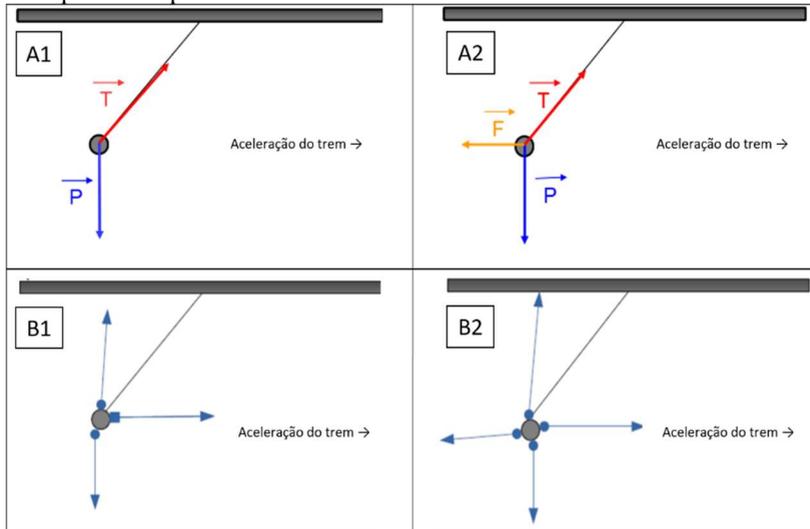
Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Para realização desta tarefa os estudantes utilizaram um software de edição de imagens para alterar um modelo fornecido no AVEA. Sugeriu-se o uso do PowerPoint®, da Microsoft®, em virtude da facilidade de manuseio e acesso.

Esta atividade tem o objetivo de fomentar uma primeira reflexão sobre a dinâmica de um pêndulo que viaja em um vagão de trem acelerado. Também busca provocar a discussão a respeito das limitações da mecânica clássica quando aplicada em referenciais não inerciais.

A tarefa foi iniciada no laboratório de informática da escola e finalizada fora do ambiente escolar. Quarenta e cinco estudantes apresentaram resposta para a atividade. Observou-se que 27 estudantes foram capazes de construir os dois diagramas de forças solicitados de maneira correta enquanto que 18 apresentaram respostas incorretas. Na figura 24, A1 e A2 representam os diagramas de forças considerados corretos para o referencial externo e interno do vagão respectivamente. Já B1 e B2 representam o conjunto de respostas consideradas incorretas.

Figura 24 - Exemplos de respostas apresentadas à sexta tarefa do tópico 3, onde A1 e A2 representam diagramas de forças considerados corretos e B1 e B2 exemplos de respostas incorretas



Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Nesta atividade, os estudantes também deveriam detalhar a origem de todas as forças que apareceram nos seus respectivos diagramas. Nas

27 respostas corretas, todas apresentaram argumentos condizentes para as forças peso e tração do fio. A situação dinâmica descrita pelos observadores externos ao vagão foi representada de maneira correta por todos os estudantes. Todavia, ao justificar a situação observada pelo passageiro interno, nenhum estudante argumentou, de forma condizente, sobre a origem da força inercial, mesmo que todos os 27 a tenham representado no diagrama.

Tendo em vista que essa atividade foi proposta em um momento anterior ao da discussão formal sobre as forças inerciais, na segunda lição do tópico 3, observou-se que 60% dos estudantes perceberam a necessidade de uma força extra para explicar o movimento do pêndulo a partir do referencial interno ao vagão. De fato, a necessidade de introdução de uma força inercial na descrição do movimento do pêndulo faz parte do objetivo deste tópico que era de produzir um exemplo claro e fundamentado para ilustrar as limitações da mecânica clássica. E, com base nisso, justificar a necessidade de uma nova teoria da relatividade.

A atividade conduz à última página da lição que elucida a dinâmica do pêndulo a partir de referenciais não inerciais e solicita a participação no fórum “a relatividade de Galileu e sua validade”, última tarefa do tópico 3.

6.3.6 Análise da sétima tarefa do tópico 3

A última tarefa proposta consiste num fórum de discussão e oferece aos estudantes a oportunidade de debate sobre a validade do princípio da relatividade de Galileu tendo em vista todos os conceitos abordados nas lições e atividades do tópico 3.

A proposta do fórum consiste na participação de cada estudante criando tópicos de discussão que abordem situações onde o princípio da relatividade galileana é válido e outras onde não é. Essa atividade teve a participação de dez estudantes criando tópicos de discussão e 33 contribuindo com o desenvolvimento dos debates. Este fato mostra os estudantes mais habituados com a ferramenta fórum. No entanto, apesar do número de participações no mesmo tópico ter aumentado, a qualidade observada nas participações ainda é incipiente.

No quadro 24 é retratado o encadeamento de participações de estudantes da turma 1 no tópico de discussão intitulado “falhas”, sugerido pelo estudante 22 e selecionado para análise.

Quadro 24 – Encadeamento de participações no fórum de discussão proposto pelo estudante 22 da turma 1 tratando dos limites da relatividade galileana

01 **Estudante 22** — “Poderíamos dizer que os conceitos sobre a relatividade
02 de Galileu (que diz que não importa onde estivermos, as leis da Física
03 devem ser as mesmas) são aplicados somente quando o referencial é
04 inercial, ou seja, está em repouso ou em movimento uniforme. Quando nos
05 referimos à um referencial que está acelerado (não inercial), os
06 observadores de fora e de dentro do trem vão observar coisas diferentes e
07 vão ter explicações diferentes para o que estão observando, o que não é
08 explicado pelas alegações de Galileu. A terceira lei de Newton, que diz que
09 toda ação tem uma reação, também não se aplica à essa situação, já que a
10 força inercial não tem uma reação. ”

11 **Estudante 19** — “Chegamos a um limite da Física que precisamos de novas
12 teorias”.

13 **Estudante 17** — “Exatamente, nesse caso, podemos dizer que quem está
14 fora do trem vê o pêndulo inclinado, e em movimento, pelo fato do trem
15 estar em movimento, certo? E quem está dentro do trem vê o pêndulo em
16 repouso. ”

17 **Estudante 12** — “Correto! ”

18 **Estudante 17** — “Exatamente. Não serão erradas apenas diferentes, pois a
19 força inercial terá que ser colocada para podermos descrever o repouso do
20 pêndulo visto pela pessoa de dentro do trem e não o mesmo movimento de
21 aceleração que os que estão fora veem. ”

22 **Professor** — “Olá [Estudante 22], gostaria de um esclarecimento teu. Em
23 um determinado momento você falou: "os observadores de fora e de dentro
24 do trem vão observar coisas diferentes". Mas ambos não enxergam o
25 pêndulo inclinado? ”

26 **Estudante 22** — “Acabei me expressando mal. Quis dizer que ambos vão
27 observar o pêndulo inclinado, mas que terão explicações diferentes para
28 esse fato. ”

29 **Estudante 6** — “Exatamente! Fazendo com que chegamos aos limites da
30 Física clássica e partimos para a Física moderna. ”

31 [não houve continuação na discussão]

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Inicialmente, o estudante 22 retoma conceitualmente o princípio da relatividade galileana e provoca os demais estudantes ao alegar limites para a aplicação da mecânica clássica. Percebe-se que o estudante recorre ao exemplo do pêndulo preso ao vagão acelerado, utilizado ao longo de praticamente toda a exposição de conteúdos no AVEA, para fazer sua explanação. Porém, acaba cometendo um pequeno equívoco ao dizer na linha 5: “*os observadores de fora e de dentro do trem vão observar coisas diferentes e vão ter explicações diferentes para o que estão observando*”. Nesse ponto, o professor interfere, conforme exposto na linha 22: “*Em*

um determinado momento você falou: "os observadores de fora e de dentro do trem vão observar coisas diferentes". Mas ambos não enxergam o pêndulo inclinado?", motivando o estudante a complementar sua resposta, conforme exposto na linha 26: "*Quis dizer que ambos vão observar o pêndulo inclinado, mas que terão explicações diferentes para esse fato*". Aqui encontramos o cumprimento de um dos principais objetivos do AVEA, o de sensibilizar os estudantes para a necessidade de um novo princípio de relatividade através das limitações do princípio da relatividade de Galileu, confirmado também pela colocação do estudante 19, na linha 11: "*Chegamos a um limite da Física que precisamos de novas teorias*".

O estudante 17, na linha 18, esclarece as limitações do princípio da relatividade de Galileu ao dizer: "*a força inercial terá que ser colocada para podermos descrever o repouso do pêndulo visto pela pessoa de dentro do trem e não o mesmo movimento de aceleração que os que estão fora veem*". Na colocação do estudante 17, percebe-se o entendimento do conceito de forças inerciais, assim como é perceptível em outras discussões presentes em tópicos de discussão propostos por outros estudantes, conforme observado no quadro 25.

Quadro 25 – Recortes de participações em fóruns de discussão da sétima tarefa do tópico 3 indicando o uso do conceito de força inercial

Estudante 10	“[...] quem está observando de dentro do trem, irá ver uma força a mais, a força inercial, que irá anular a força de tração. Quem está fora vê duas forças, enquanto quem está dentro, precisa de 3 forças para explicar a inclinação do pêndulo. Isso se torna impossível de explicar de acordo com as leis da Física clássica.”
Estudante 19	“[...] nessa situação os dois referenciais observam o mesmo fenômeno, mas quem está dentro do trem usa uma força a mais, chamada força inercial, para explicar a situação [...] não temos um par de ação e reação em relação a força inercial quando temos referencial acelerado.”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Outro aspecto interessante é revelado na proposta de discussão feita pelo estudante 02, no tópico de discussão intitulado: “falhas?”. Neste tópico, cujo encadeamento de participações está apresentado no quadro 26, é discutida a necessidade de uma nova teoria a partir das “falhas” apresentadas pelo conjunto teórico mais antigo.

Quadro 26 – Encadeamento de participações no fórum de discussão proposto pelo estudante 02 da turma 1 tratando dos limites da relatividade galileana

01 **Estudante 02** — “As ideias de Galileu são validas nas situações em que
02 possuímos um corpo de aceleração nula, ou seja, com movimento uniforme.
03 Para a situação se tornar válida pelo princípio de Galileu todos os pontos
04 referenciais (ou observadores) devem enxergar a mesma coisa. ”

05 **Estudante 08** — “Exatamente, caso a aceleração não seja nula ou os
06 observadores não enxerguem a mesma coisa, as ideias de Galileu não serão
07 válidas. ”

08 **Professor** — “Mas [estudante 02]. Ambos os observadores, posicionados
09 dentro e fora do trem, não enxergam o mesmo pêndulo? Inclinado na
10 mesma quantidade de graus em relação a uma linha vertical imaginária? ”

11 **Estudante 02** — “Sim, mas as explicações para a situação (a partir de
12 dentro e fora do trem) divergem. ”

13 **Estudante 19** — “Nesse caso do trem os dois referenciais não conseguem
14 explicar a situação da mesma forma. Então os princípios de Galileu não
15 serão mais válidos. Seria um momento em que a Física entra em
16 contradição. ”

17 **Estudante 02** — “Exato, pois as duas situações são explicadas de formas
18 diferentes, mas corretas. ”

19 **Estudante 02** — “Atualizando meu ponto de vista. Não acho válido o
20 princípio de Galileu pois há uma brecha em sua teoria, que é o caso do
21 pêndulo dentro e fora do trem. Como há uma falha, a teoria deixa de ser
22 100% correta, sendo necessário um complemento/atualização para se tornar
23 aceitável novamente. Um copo com uma rachadura deixa água vazar,
24 portanto não serve mais seu propósito. ”

25 **Estudante 04** — “No que você quis se referir com uma brecha? ”

26 **Estudante 02** — “A situação (como a do pêndulo) em que a teoria de que
27 não importa o referencial, as leis da Física são as mesmas se torna invalida.”

28 **Professor** — “Poderia esclarecer para nós qual seria a falha nos princípios
29 de Galileu? ”

30 **Estudante 02** — “Segundo Galileu, as leis da Física são as mesmas em
31 qualquer parte do universo independento do referencial, ou seja, as forças
32 agindo sobre um corpo serão as mesmas independento do ponto de
33 referência. Essa teoria se torna falha quando precisamos de diferentes
34 explicações para uma mesma situação, como a do pêndulo. ”

35 **Professor** — “será que em virtude de uma limitação na teoria ela
36 necessariamente se torna inválida? ”

37 **Estudante 02** — “Na minha opinião sim, pois se houve uma falha, pode
38 haver outras, mesmo que não as enxerguemos em um primeiro momento.”

39 [não houve continuação na discussão].

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Neste encadeamento de participações, é perceptível a necessidade de intervenção do professor ao longo da discussão, como podem ser observadas nas linhas 08, 28 e 35.

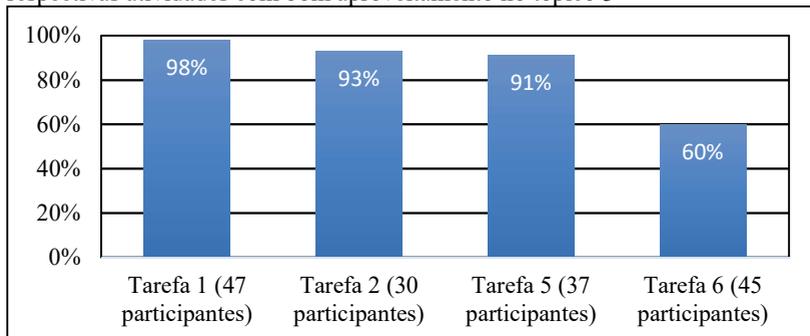
O teor da discussão neste tópico é importante, pois novamente evidencia o cumprimento de um dos objetivos do AVEA, de discutir as limitações da relatividade galileana para que sirvam de pano de fundo na introdução de uma nova teoria. Especificamente neste tópico de discussão, o debate se orienta para a validade de uma teoria.

De uma forma geral, as participações nos diferentes tópicos de discussão apresentam menções oportunas sobre as limitações nas leis da mecânica clássica, sobre a presença de forças inerciais em referenciais acelerados, sobre a necessidade do uso de referenciais para a descrição dos movimentos, sobre as diferenças entre referenciais inerciais e não inerciais e sobre a necessidade de novas teorias.

6.3.7 Considerações sobre a aplicação do tópico 3

Ao longo do tópico três, propõe-se que os estudantes apresentem respostas para sete tarefas. Dentre elas, quatro solicitam respostas objetivas, enquanto que três solicitam a participação dos estudantes em fóruns. A figura 25 apresenta a distribuição percentual de estudantes que demonstraram bom aproveitamento nas quatro tarefas de respostas objetivas. Como nem todos responderam todas as atividades, cabe salientar que o cálculo percentual foi realizado não sobre a totalidade dos estudantes, mas sobre o número de estudantes que forneceram respostas para as respectivas tarefas.

Figura 25 - Distribuição percentual de participantes que responderam as respectivas atividades com bom aproveitamento no tópico 3



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Observando o gráfico, é perceptível que conforme o nível de dificuldade das tarefas aumenta, o número de estudantes que atingem os objetivos propostos diminui. Este fato é esperado. Por outro lado, quando se observa que a atividade com menor aproveitamento foi respondida de forma correta por 60% dos participantes, constata-se que, em geral, houve bom aproveitamento dessas tarefas.

Quanto às tarefas 3, 4 e 7, todas propostas de participação em fóruns de discussão: na tarefa 3 e 4, as participações são pouco concatenadas, apresentam poucos encadeamentos de tópicos, indicando assim participações incipientes quando comparadas às participações na tarefa 7. Na última tarefa, percebe-se que as participações melhoraram em qualidade, pois as discussões ali fomentadas apresentam encadeamentos significativos. Isso pode ser justificado pela experiência adquirida ao longo dos fóruns anteriores e pela maior interferência do professor/pesquisador ao longo dos tópicos.

6.4 LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO: UM PROBLEMA NA FÍSICA?

Com o objetivo de discutir a problemática do éter na Física do final do século XIX, bem como as soluções encontradas para as inconsistências entre a mecânica clássica e o eletromagnetismo, é proposto no AVEA um laboratório de avaliação, conforme descrito na seção 4.1.4.

A atividade proposta solicitava que os estudantes redigissem um texto dissertativo baseado nas seguintes questões norteadoras:

1. Qual é a função do éter para os defensores da teoria ondulatória da luz?
2. A quais conclusões os físicos chegaram a partir do experimento de Michelson e Morley?
3. Essas conclusões estão de acordo com o princípio da relatividade de Galileu?

Depois da fase de envio, os estudantes foram alocados para efetuar a avaliação de textos dos seus colegas a partir de critérios preestabelecidos pelo professor na fase de avaliação. A figura 25 ilustra esta fase da atividade e os critérios adotados para a avaliação dos estudantes.

Figura 26 – Recorte da fase de avaliação dos textos durante a execução da tarefa “Laboratório de avaliação”

2- Laboratório de avaliação

Configurar fase	Fase de envio	Fase de avaliação	Fase de avaliação de classificação	Encerrado
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir a descrição do workshop ✓ Fornecer instruções para envio ✓ Editar formulário de avaliação 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fornecer instruções para avaliação ✓ Acabar envios esperado: 0 enviado: 0 abandonado: 0 ⓘ Envios atrasados são permitidos 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calcular notas de envios esperado: 0 calculado: 0 ✓ Calcular notas de avaliação esperado: 0 calculado: 0 ✓ Fornecer uma conclusão da atividade 	

Instruções para avaliação

Bom, chegamos no momento de avaliar os textos que foram escritos.

Você será convidado a avaliar um texto escrito por um de seus colegas. Lembre-se que você também estará sendo avaliado por um colega. Seja gentil e amigável no momento de realizar algum comentário.

Observe se o texto possui uma organização textual. Observe os parágrafos, o bom uso da ortografia e principalmente, se o texto é coerente.

Lembre-se das questões norteadoras:

- Qual é a função do Éter para os defensores da teoria ondulatória da luz?
- A quais conclusões os físicos chegaram a partir do experimento de Michelson e Morley?
- Essas conclusões estão de acordo com o princípio da relatividade de Galileu?

Seu colega conseguiu responder estas questões de forma coerente?

Você pode, nos comentários, indicar as inconsistências encontradas durante a leitura do texto do seu colega! Sempre de forma amigável, cortês, amistosa, polida, simpática...

Mãos à obra!!!

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Ao todo, 46 estudantes participaram dessa atividade, enviando seu texto e avaliando o texto de um colega sorteado aleatoriamente pelo Moodle. Essa é uma atividade importante, pois constrói subsídios para as discussões posteriores a respeito da relatividade restrita. Contudo, em virtude da complexidade de análise que este tipo de atividade demanda e, pelo prazo de finalização deste trabalho, optou-se por deixar a análise dessa atividade para um trabalho posterior.

6.5 SOBRE A RELATIVIDADE RESTRITA

O último tópico presente no AVEA, sintetizado na seção 4.2.5, tem o objetivo de introduzir dois conceitos fundamentais presentes na relatividade restrita, a contração espacial e a dilatação temporal. Para tanto, lições, fóruns e questionários propostos nesse tópico serão analisados nesta seção.

6.5.1 Análise do fórum do tópico 5

O fórum proposto inicia chamando a atenção para mais um “problema” decorrente da mecânica clássica. Tendo em vista que a mecânica clássica não impunha nenhuma limitação na velocidade de objetos, o fórum propõe o exercício de imaginação onde os estudantes

deveriam cogitar a possibilidade de objetos viajarem com velocidades maiores do que a velocidade da luz.

A proposta é introduzida no fórum, conforme o recorte ilustrado na figura 27. Nessa proposta, os estudantes deveriam criar tópicos de discussão onde a reflexão principal gira em torno dos efeitos, para a Física, caso objetos consigam viajar com velocidades maiores do que a velocidade da luz.

Figura 27 – Contextualização e proposta de participação no fórum do tópico 5 do AVEA

Em um treino, o jogador A rebate a bola arremessada por B, enquanto um observador C está assistindo. Nesta situação hipotética, o rebatedor consegue lançar a bola com uma velocidade superluminal, ou seja, mais rápida que a luz. Observe:

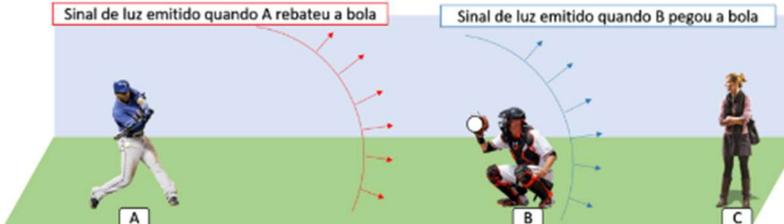


Sinal de luz emitido quando A rebateu a bola

Bola viajando com velocidade superluminal

A B C

O sinal de luz carrega a informação de que a bola foi rebatida, caso contrário, não conseguiríamos enxergar que a bola foi rebatida. Perceba que a bola está na frente do sinal de luz pois ela está com uma velocidade superluminal. Observe a continuidade dos fatos:



Sinal de luz emitido quando A rebateu a bola

Sinal de luz emitido quando B pegou a bola

A B C

Um segundo sinal de luz é emitido quando o jogador B captura a bola. Perceba que B pegou a bola antes mesmo do sinal de luz chegar até ele. Isso já não é estranho? Mas vamos avançar.

Pergunta: O que o observador C enxergará primeiro? O sinal proveniente da rebatida ou o sinal proveniente da captura da bola? Por que isto é esquisito? Discuta com seus colegas quais as interpretações desta situação e quais as consequências para a física caso conseguíssemos viajar com velocidades maiores do que a da luz.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

O fórum, depois do período em que esteve disponível, apresentou 21 tópicos de discussão propostos pelos estudantes e um pelo professor. Cabe destacar que nesse fórum, os membros da turma 1 poderiam participar ativamente nas discussões propostas pela turma 2 e vice-versa. Entre as 21 propostas de discussão iniciadas pelos estudantes, 100% chegaram à conclusão de que o observador C enxergaria a bola sendo capturada pelo jogador B antes de enxergá-la sendo lançada pelo jogador A, caso sua velocidade fosse maior do que a velocidade da luz. A percepção da suposta violação do princípio da causalidade despertou estranheza entre os estudantes, conforme as discussões exemplificadas nos quadros 27 e 28.

Quadro 27 – Discussão proposta pelo estudante 08 no fórum do tópico 5 destacando a estranheza entre estudantes diante de suposta violação do princípio da causalidade

Estudante 08 — “O observador C enxergará primeiro o jogador B capturando a bola devido ao sinal de luz estar mais perto do C e após isso, o observador C verá o jogador A rebatendo a bola, dando a impressão que veria duas bolas, ou então duas vezes a mesma bola. Essa situação é esquisita pois, caso fosse possível acontecer, veríamos a consequência antes mesmo da ação, por exemplo, se você derramar a água de uma garrafa em uma mão, sentiria a água na mão antes mesmo de ter virado a garrafa. ”

Estudante 17 — “Ainda bem que por enquanto não podemos observar esses fatos, pois, é muito esquisito pensar em sofrer uma reação antes da ação. ”

Estudante 08 — “Exatamente. Seria muito bizarro! ”

[Não houve continuação na discussão]

Fonte: organizado pelo autor (2017).

Quadro 28 – Discussão proposta pelo estudante 02 no fórum do tópico 5 destacando a estranheza entre estudantes diante de suposta violação do princípio da causalidade

Estudante 02 — “O observador C irá observar a bola sendo capturada pelo jogador B antes de ver a bola sendo rebatida pelo jogador A. A luz emitida pelo jogador B ao pegar a bola chegou primeiro ao observador, mas a luz do jogador A ainda está a caminho, então irá chegar uma hora em que o observador C irá enxergar como se fosse duas bolas: a bola sendo agarrada (vista por primeiro) e a bola sendo rebatida pelo jogador A, isso é esquisito pois o observador irá enxergar a consequência (bola sendo agarrada) antes da causa (bola sendo rebatida).”

Estudante 25 — “E, em nossas condições, seria possível reproduzir situações assim? ”

Estudante 02 — “Não, pois já é muito difícil reproduzirmos a velocidade da luz em uma única partícula, então uma velocidade ainda maior e em objetos completos é impossível com nossas condições de tecnologia. ”

Estudante 21 — “Se fosse possível reproduzirmos situações assim quais seriam as consequências? ”

Estudante 02 — “As consequências seriam totalmente confusas, pois se fossemos capazes de reproduzir isso à nossa vontade no dia a dia, poderíamos confundir e atingir pessoas de forma totalmente desconcertante. ”

[Não houve continuação na discussão]

Fonte: organizado pelo autor (2017).

O tópico proposto pelo professor convidava os estudantes a imaginar como seria o mundo caso objetos pudessem viajar com velocidades maiores do que a velocidade da luz. O encadeamento de participações mais relevantes está apresentado no quadro 29. Neste encadeamento de participações, algumas falas foram omitidas por não apresentarem coerência com a discussão proposta.

Quadro 29 - Discussão proposta pelo professor no fórum do tópico 5

Professor — “Como seria o mundo se objetos conseguissem viajar com velocidades maiores do que a velocidade da luz? ”

Estudante 35 — “Imagina se uma pessoa morresse antes de atirarem nela. ”

Estudante 27 — “é apenas a observação, para as pessoas em questão no acontecimento, aconteceriam as coisas normalmente. ”

Estudante 32 — “Nada faria sentido, pois veríamos o impacto/recepção dos materiais antes mesmo dele ser lançados/colocados. Será que teria como chegar na escola antes de sair de casa, se a velocidade fosse maior que a da luz? ”

Estudante 31 — “Sim, teria como isso acontecer, mas quem veria isso seria um observador. ”

Estudante 27 — “não seria o fato de chegar, iríamos perceber a mesma coisa como se não tivéssemos chegado à esta velocidade, apenas perceberíamos quando nos comportaríamos como observadores. ”

Estudante 28 — “Isso desconstruiria toda a ordem que possuímos hoje, uma vez que, acreditamos não ser possível visualizar a consequência de um fato antes mesmo dele acontecer. ”

Estudante 30 — “Não faria nenhum sentido ver primeiro os objetos atingirem seu destino e depois eles serem lançados. Por exemplo, alguém lança uma pedra em uma janela e você observa primeiro a janela se quebrando antes mesmo da pedra ser jogada.”

[Houve participações posteriores, de pouca relevância para a análise]

Fonte: organizado pelo autor (2017).

Os exemplos de discussões expostos nos quadros 26, 27 e 28 destacam o cumprimento de um objetivo proposto na construção da atividade, que consiste em suscitar a reflexão sobre uma possível violação no princípio da causalidade e utilizá-la como pano de fundo na abordagem das consequências de uma Física que impõe limite para a velocidade de propagação da luz.

6.5.2 Análise das atividades ligadas à dilatação temporal

Todas as atividades analisadas nesta seção estão contidas na lição intitulada: “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo”, descrita na seção 4.2.5. Para essas atividades, registrou-se a participação de 47 estudantes.

O primeiro questionamento da lição, ilustrado na figura 28, apresenta feedback imediato e permite que o estudante dê continuidade à lição somente depois de apresentar a resposta correta. Esse questionamento tem nível de dificuldade baixo pois solicita que o estudante indique qual é o formato da trajetória de um feixe de luz visualizada pelo passageiro no trem.

Figura 28 – Primeiro questionamento da lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5

Como é a forma da trajetória do feixe de luz percebida pelo passageiro do trem?

A sua resposta

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Para esse questionamento, 100% das respostas consideradas corretas indicavam que o passageiro observa uma trajetória retilínea e vertical para o feixe de luz.

O segundo questionamento, ilustrado na figura 29, solicita que o estudante discorra sobre a possibilidade de os observadores externos enxergarem a mesma trajetória percebida pelo passageiro no trem.

Figura 29 - Segundo questionamento da lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo”, do tópico 5



Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Todos os estudantes apresentaram respostas indicando que os observadores externos perceberão um formato diferente para a trajetória do feixe de luz em comparação com a trajetória percebida pelo passageiro. No quadro 30 estão representadas algumas respostas para o questionamento que elucidam o exposto acima.

Quadro 30 – Respostas selecionadas que foram apresentadas para o segundo questionário presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo”, do tópico 5

Estudante 22	“Não enxergarão a mesma coisa que o observador que está dentro do trem (S' vê somente feixes verticais). Os observadores que estão do lado de fora verão o feixe "diagonalmente", pois ao mesmo tempo em que há deslocamento vertical, o trem vai para frente, causando movimento horizontal também.”
--------------	--

Estudante 47	“[...] No caso das pessoas fora do trem a velocidade do trem pode ser percebida e o seu movimento horizontal se combina com o movimento vertical da luz projetando um triângulo.”
--------------	---

Fonte: organizado pelo autor (2017).

O elevado índice de acertos para ambos os questionamentos anteriores mostram a evolução dos estudantes em relação ao uso do referencial na análise dos movimentos. Além disso, buscam introduzir a discussão da lição para o objetivo principal, a percepção da passagem do tempo para os observadores internos e externos ao vagão.

O terceiro questionamento, ilustrado na figura 30, vai direto ao ponto quando solicita a comparação entre os intervalos de tempo medidos pelos observadores internos e externos para a duração do deslocamento de um feixe de luz emitido pela lâmpada e refletido de volta pelo espelho acoplado ao teto do vagão que se movimenta com 50% da velocidade da luz.

Figura 30 - Terceiro questionamento da lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5

Como os observadores estão posicionados em referenciais diferentes (S e S') eles observarão trajetórias diferentes para o feixe luminoso, como ilustrado no esquema abaixo:

Os observadores externos percebem que a luz viaja por um caminho muito mais longo do que o caminho observado pelo passageiro. Não é mesmo?

Se considerarmos o princípio de que a velocidade da luz é constante, podemos calcular o tempo que a luz leva para percorrer aquele caminho. Lembra de t e t' ?

Então, para você, o que podemos afirmar quando comparamos t' (que é o tempo medido pelo passageiro) com t (que é o tempo medido pelos observadores externos)? Procure justificar sua resposta.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Tendo em vista que os estudantes ainda não haviam tomado contato com a teoria da relatividade restrita ao longo das experiências formais de aprendizagem, era esperado que a maioria das respostas fossem fundamentadas na mecânica clássica e indicassem que os intervalos de tempo medidos para o deslocamento do feixe de luz eram iguais para ambos os referenciais de medida. De fato, 27 estudantes, 62%, indicaram tal resposta, conforme exemplificado no quadro 31.

Quadro 31 - Respostas selecionadas indicando a percepção clássica do tempo apresentadas no terceiro questionário presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5

Estudante 06	“Os tempos serão iguais, pois ambos os observadores estarão vendo o mesmo feixe de luz e não há como o observador de dentro do trem ver o feixe de luz chegando antes do que o observador de fora.”
Estudante 28	“Os tempos t e t' serão o mesmo, pois embora pareça que seja diferente o tempo medido pelo passageiro e o tempo medido pelos observadores externos não é correto afirmar que são diferentes, pois o tempo, independente de quem esteja medindo, será sempre constante.”

Fonte: organizado pelo autor (2017).

Por outro lado, 11 estudantes indicaram em suas respostas que os observadores internos e externos discordariam ao comparar suas medidas de tempo, conforme exposto no quadro 32.

Quadro 32 - Respostas selecionadas indicando percepção diferente da clássica para o tempo apresentadas no terceiro questionário presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5

Estudante 12	“O tempo será diferente entre as duas situações, pois a velocidade da luz permanece constante, enquanto o caminho de uma se torna maior do que o caminho da outra”
Estudante 47	“Para entendermos melhor como o tempo vai se comportar devemos saber que: Velocidade = Distância / Tempo e que a velocidade da luz é constante. No caso do t' , a velocidade será igual a c e a distância proporcionará um determinado valor para o tempo. No caso do t , temos a velocidade igual a anterior, mas a distância aumenta. Se a distância aumenta o tempo também deverá aumentar para manter a velocidade da luz sempre igual. Então o tempo não será igual para os dois referenciais”

Fonte: organizado pelo autor (2017).

Sete dos estudantes não apresentaram respostas para o terceiro questionamento.

Os três questionamentos anteriores serviram de base para a continuação da discussão proposta no decorrer da lição. Por meio de elementos geométricos, os estudantes foram apresentados a transformada de Lorentz para o tempo. Contudo, a quarta atividade proposta consistia em uma aplicação simples dessa transformada para o do caso feixe luminoso abordado até então na lição. Em virtude dos questionamentos e

dificuldades apresentados pelos estudantes, o professor aproveitou para discutir coletivamente a atividade proposta, e a realização dos cálculos foi executada na lousa.

A quarta e última tarefa desta seção solicitou que os estudantes variassem algumas vezes a velocidade do vagão a fim de observar o quanto a velocidade afeta a passagem do tempo. Quando comparada as demais atividades da lição, a tarefa 4 apresentou maior complexidade de resolução. A proposta da tarefa, na íntegra, encontra-se no quadro 33.

Quadro 33 – Proposta da última atividade presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5

Proposta: Sua tarefa agora é variar o valor da velocidade do trem algumas vezes, até perceber o quanto esta velocidade afeta a passagem do tempo. Será que valores baixos de velocidade (estes que estamos acostumados no cotidiano) conseguem produzir efeitos significativos na passagem do tempo? E quanto mais próximo da velocidade da luz o trem viajar? O que acontece com a percepção do tempo para quem está dentro e fora deste trem? Elabore um parágrafo onde você apresenta seus resultados obtidos e suas interpretações destes resultados.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2017).

Dentre os 47 estudantes participantes, 11 não apresentaram respostas para a quarta tarefa. Trinta e seis estudantes apresentaram respostas, onde, 31 conseguiram acertar os cálculos propostos e construir uma resposta condizente com a dilatação temporal. No quadro 34 são apresentadas algumas respostas que ilustram o exposto acima.

Quadro 34 – Seleção de respostas consideradas corretas para a quinta tarefa presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo” do tópico 5

Estudante 03	“Em valores baixos, que estamos acostumados no dia a dia, a diferença de tempo entre quem está dentro e fora do trem seria mínima, praticamente nada e não perceptível. Por isso, no nosso cotidiano não somos afetados pela dilatação temporal, fenômeno que acontece em velocidades próximas a da luz. Já quando analisamos ocorrências com velocidades próximas a da luz, há diferenças super notórias para nós. Podendo causar alteração no nosso biológico, como no paradoxo dos gêmeos que vimos em aula, no qual quem viaja com velocidade da luz volta mais novo do que quem ficou na terra. Para entender melhor essa diferença, devemos
--------------	---

	<p>aplicar valores para cada caso na fórmula. No caso de valores habituais, como por exemplo um trem em 250 Km/h, enquanto algo acontece em 2s pra quem está dentro do trem, pra quem estiver fora dele, acontecerá em 2.00000000000001 segundos, ou seja, algo muito insignificante pra ser notado. Já em velocidades próximas a da luz, como por exemplo 99,9% de 3×10^8 (que é a velocidade da luz) e algo acontecer em 2s pra quem está dentro do trem, pra quem está fora irá acontecer em 14.17s, ou seja, diferença hiper mega notável.”</p>
Estudante 47	<p>“Se levarmos em consideração a formula citada acima pode-se perceber que para as duas situações observamos resultado diferentes em comparação com a velocidade e do tempo. Nas situações ligadas ao nosso cotidiano (em relação a velocidade) é possível perceber que a variação do tempo entre o t e t' é insignificante para nós pois o resultado só poderá ser percebido depois de várias casas decimais após a virgula. Outros fatores interferem muito mais que a mudança de resultado. No caso de a velocidade estar perto da luz podemos perceber o caso contrário. Por mais que seja muito pequena a variação da velocidade haverá uma grande mudança no tempo. Uma pequena mudança em várias casas decimais após a virgula da velocidade resultará em grandes mudanças no tempo. A partir das conclusões citadas podemos entender que a formula criada por Lorentz é mais apropriada para velocidades próxima à da luz, mas pode ser usada no cotidiano, porem será insignificativo.”</p>

Fonte: organizado pelo autor (2017).

Os demais cinco estudantes apresentaram algumas incorreções ao longo da resposta. No quadro 35 são apresentados dois exemplos. No primeiro, o estudante inverte o intervalo de tempo medido no interior do vagão com o medido pelos observadores externos, e no segundo, o estudante apresenta uma resposta sem sentido.

Quadro 35 - Resposta considerada equivocada para a quinta tarefa presente na lição “As consequências dos postulados de Einstein – O tempo”, do tópico 5

Estudante 38	<p>“A diferença de tempo de acordo com as velocidades fica mais visível com velocidades muito altas. Quanto mais próxima da velocidade da luz, mais devagar o tempo irá passar e a diferença de tempo será mais significativa. Supondo que o trem viaje com 70% ($v = 0,7 c$) da velocidade da luz, temos que enquanto para os observadores passou 2 segundos, para quem viaja dentro do trem já se</p>
--------------	---

	passaram 2,800560179 segundos [grifo meu] . O que já é considerado uma grande diferença de tempo para quem está dentro e fora, e causaria um significativo efeito caso a pessoa viaje por um longo período nesta velocidade. Assim podemos justificar o paradoxo dos gêmeos.”
Estudante 42	“Para quem está fora do trem a velocidade vai passar mais rápida para quem está dentro. Quem está dentro vai ver o tempo mais devagar e dilatado e com velocidade de 2 segundos, enquanto quem estiver fora vai ver o tempo mais rápido e com velocidade de 53,43 segundos.”

Fonte: organizado pelo autor (2017).

O bom aproveitamento do tópico é percebido ao passo em que 31 estudantes se apropriaram da ideia de dilatação temporal a partir do uso correto da transformada de Lorentz para o tempo.

6.5.3 Atividades ligadas à contração espacial

A discussão direcionada para o efeito da contração espacial não contou com nenhuma atividade de respostas objetivas ou descritivas. Este conceito foi abordado através de lições e discussões orais entre o professor e o grande grupo de estudantes. Este trabalho limitou-se a analisar apenas as atividades cujas respostas foram apresentadas de forma escrita, portanto, atividades relacionadas à contração espacial não serão analisadas neste trabalho.

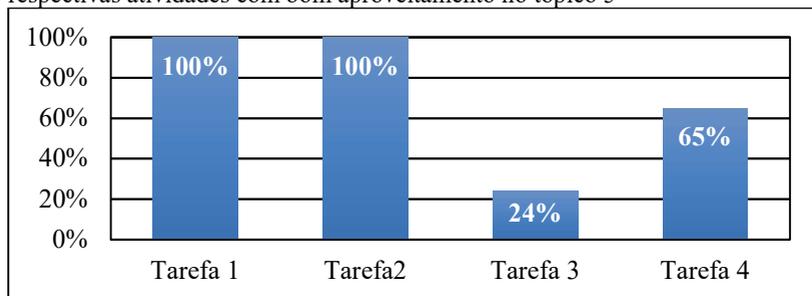
6.5.4 Considerações sobre a aplicação do tópico 5

O tópico 5 contou com um fórum de discussão e cinco tarefas descritivas. O fórum proposto buscou suscitar a reflexão sobre uma possível violação no princípio da causalidade. A análise do fórum revelou que 100% dos estudantes conseguiram atingir o objetivo proposto, indicando um ótimo índice de aproveitamento para a atividade.

O aproveitamento das demais atividades propostas no tópico está esquematizado na figura 31, que mostra o percentual de participantes que apresentaram respostas com aproveitamento para as respectivas tarefas. O baixo aproveitamento apresentado na terceira tarefa consiste num resultado esperado, pois, conforme a análise anterior, esta atividade foi proposta de forma a induzir propositalmente os estudantes à utilização de conceitos da mecânica clássica em uma situação relativística. Apenas

24% dos estudantes indicou de maneira correta a diferença na medição do tempo entre os referenciais S e S'.

Figura 31 – Distribuição percentual de participantes que responderam as respectivas atividades com bom aproveitamento no tópico 5



Fonte: organizado pelo autor (2017).

A quarta tarefa foi respondida corretamente por 65% dos participantes, indicando que estes estudantes conseguiram utilizar a transformada de Lorentz para o tempo de forma correta e construíram uma argumentação indicando a dependência da velocidade para mensuração do efeito de dilatação temporal.

6.6 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO AVEA

Com o intuito de analisar a aceitabilidade, a usabilidade e possíveis sugestões de melhorias no AVEA, aplicou-se, em ambas as turmas, um questionário on-line após a conclusão do tópico 5. Dezessete questões compunham o questionário que está apresentado no apêndice C. Ao todo, 45 estudantes responderam o questionário.

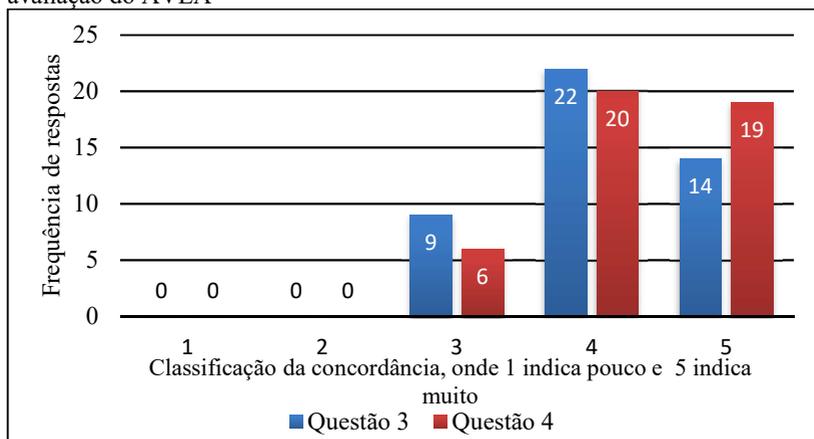
Cabe elucidar que as sete questões compreendidas entre os números 3 e 9 do questionário consistem em questões cujas respostas são categorizadas através de uma escala Likert. Dessa forma, os estudantes especificam seu nível de concordância em relação ao questionamento proposto. A escala utilizada variou de 1 a 5, onde 1 indica pouca concordância e 5 muita concordância. As demais questões, apresentam o formato de resposta discursiva.

Tendo em vista que as turmas já haviam utilizado o Moodle, os dois primeiros questionamentos fornecem uma noção de como a ferramenta vinha sendo empregada nas atividades didáticas dessas turmas. Por meio das perguntas: 1) *“Na escola onde você estuda, é um*

hábito dos professores utilizarem o Moodle em suas aulas?” e 2) “Em caso afirmativo para a questão anterior, os professores utilizam o Moodle nos mesmos moldes que o AVEA da Física? Comente.”. Percebeu-se que 60% dos estudantes indicaram que o Moodle era utilizado de forma habitual pelos professores do seu curso. Porém, quando questionados sobre a forma como o Moodle era utilizado, incentivados a comparar com o AVEA utilizado na disciplina de Física, todos os 26 estudantes que responderam sim à questão 1 indicaram que o Moodle era utilizado apenas como repositório de arquivos (textos, slides, etc.). Isso mostra que os estudantes não estavam familiarizados com a maioria das ferramentas disponibilizadas pelo Moodle, fato percebido também durante a aplicação do AVEA.

As questões: 3) *“De maneira geral os textos do AVEA estavam claros?”* e 4) *“E o enunciado das atividades estava claro?”* questionam, respectivamente, sobre a clareza dos textos e dos enunciados das atividades. Portanto, procuram diagnosticar, de forma direta, a inteligibilidade na linguagem empregada na construção do AVEA. A figura 32 traz um gráfico da frequência de respostas para os questionamentos 3 e 4, agrupados conforme a classificação do nível de concordância.

Figura 32 – Frequência de respostas para as questões 3 e 4 do questionário de avaliação do AVEA

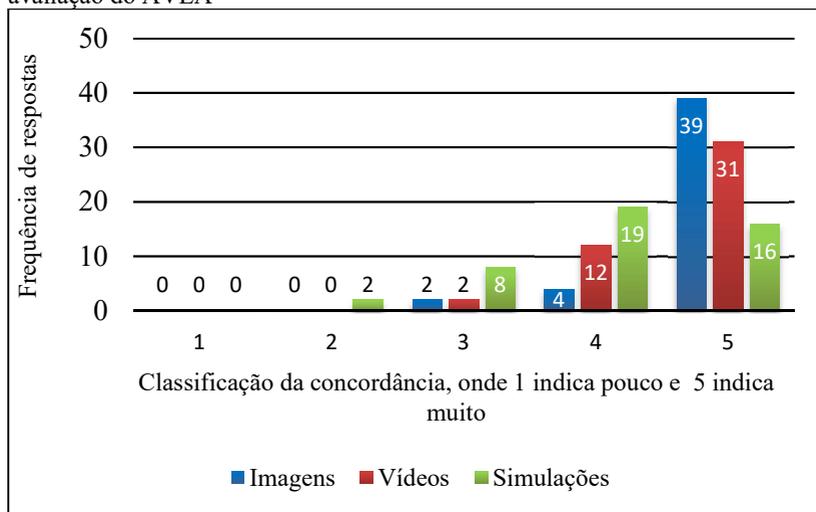


Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Percebe-se que nove estudantes ficaram neutros em relação à clareza dos textos utilizados e seis também adotaram a posição neutra em relação a clareza dos enunciados das questões do AVEA. No entanto, as respostas apresentam a tendência dos estudantes de classificarem a linguagem escrita empregada no AVEA como clara ou muito clara.

As questões: 5) “*As imagens usadas contribuíram para a interpretação dos textos?*”; 6) “*Os vídeos utilizados contribuíram para melhorar entendimento dos conceitos?*” e 7) “*As simulações computacionais contribuíram para complementar a abordagem dos conteúdos?*” buscam perceber se as imagens, os vídeos e as simulações computacionais surtiram algum efeito diante da sua utilização no AVEA. A figura 33 traz o gráfico da frequência de resposta para os questionamentos referidos acima, agrupados conforme a classificação do nível de concordância dos estudantes.

Figura 33 - Frequência de respostas para as questões 5, 6 e 7 do questionário de avaliação do AVEA



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

As respostas demonstram que os estudantes, em sua maioria, indicam que o uso de imagens, simulações e vídeos têm importância para a assimilação dos conteúdos apresentados no AVEA. Chama a atenção que 81% dos estudantes consideraram as imagens muito importantes para auxiliar a compreensão dos textos, assim como, aproximadamente 70%

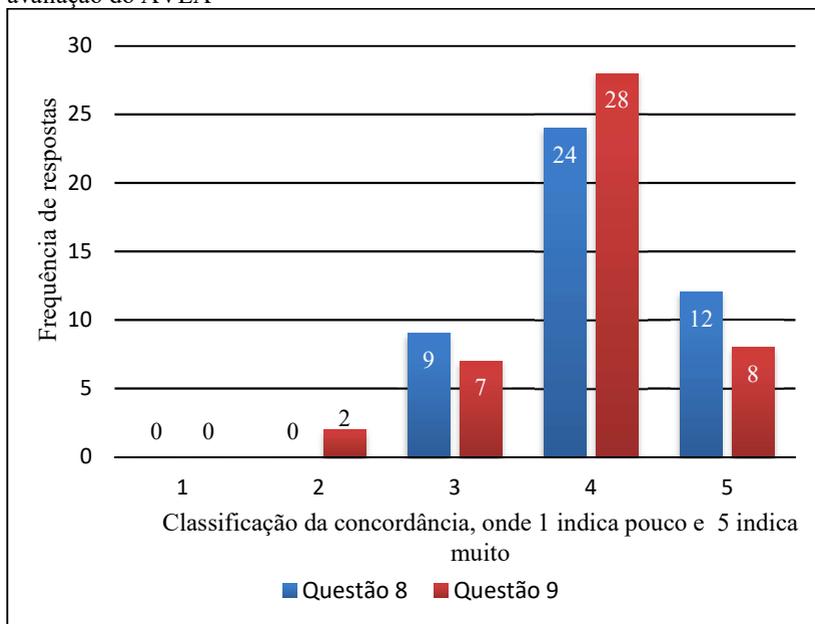
dos estudantes avaliaram os vídeos como muito importantes para melhorar o entendimento dos conceitos apresentados. A respeito das simulações utilizadas, percebeu-se uma distribuição maior nas respostas.

Apesar de aproximadamente 80% dos estudantes apresentarem uma tendência de classificar as simulações computacionais como ferramentas que contribuíram para complementar a abordagem dos conteúdos, oito estudantes adotaram uma posição neutra e dois classificaram o uso das simulações como não muito importantes para o AVEA. Para o aproveitamento das simulações ser mais significativo, talvez seja necessário que seu uso esteja atrelado à entrega de tarefas. No AVEA, esses simuladores foram utilizados como complementos para a verificação de conceitos apresentados nas lições, não tendo obrigatoriedade o seu uso, o que pode ter contribuído para a classificação de importância menor comparada às outras mídias utilizadas.

Ao longo da aplicação do AVEA, ficou claro que o uso dos vídeos e imagens contribuiu para auxiliar a interpretação dos conteúdos abordados. Para a leitura de textos sem imagens ou vídeos como no caso dos trechos selecionados do diálogo de Galileu, o professor/pesquisador entrevistou mais vezes comparado à leitura dos textos presentes nas lições, para os quais os estudantes solicitaram menos esclarecimentos. O uso das simulações, importantes para complementar os conteúdos abordados, talvez demande um planejamento diferenciado para potencializar sua função no AVEA.

As questões: 8) *“A forma como você pôde navegar pelo AVEA foi satisfatória?”* e 9) *“Você conseguiu encontrar as informações contidas no AVEA com facilidade?”* procuram investigar sobre a navegabilidade do AVEA. Essencialmente, questiona-se a respeito da facilidade de navegação e de encontrar informações no AVEA. A figura 34 apresenta a frequência de respostas agrupadas pela classificação do nível de concordância dos estudantes.

Figura 34- Frequência de respostas para as questões 8 e 9 do questionário de avaliação do AVEA



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Percebe-se que a maioria dos estudantes indicou facilidade ou muita facilidade em encontrar informações e navegar pelo AVEA. No entanto, ao analisar as respostas da questão 15, “*Quais foram as suas dificuldades ao usar o AVEA?*”, percebeu-se uma dificuldade relatada pelos estudantes que pode afetar a navegabilidade pelo AVEA durante o uso da ferramenta “lição”. Tendo em vista que as lições foram construídas em formato hipermídia, alternando textos, imagens, questionamentos, simulações, entre outros, nota-se que o Moodle não fornece uma barra de navegação para facilitar o controle do andamento durante o uso desta ferramenta. Esta reclamação apareceu mais nas situações onde o estudante não completou a lição e precisou dar continuidade a ela em outros momentos, tendo que refazer as etapas que já havia cumprido anteriormente. De fato, esse é um problema que afeta não só a navegabilidade, mas também a motivação dos estudantes para a continuidade na execução das tarefas.

A questão 10, “*Você acessou o AVEA fora do ambiente escolar? Se a sua resposta foi afirmativa, com que frequência? Se você acessou*

poucas vezes qual foi o motivo?”, sondou a frequência com que os estudantes acessaram o AVEA fora do ambiente escolar. Entre as 45 respostas, todas indicaram que em algum momento acessaram o AVEA além do tempo determinado para a aplicação do projeto em sala de aula. Contudo, complementaram suas respostas dizendo que o acesso externo foi feito esporadicamente, conforme alguns exemplos relatados no quadro 37. A plataforma na qual o questionário foi aplicado não permite distinguir nas respostas qual o estudante que as proferiu.

Quadro 36 – Conteúdos de algumas respostas apresentadas pelos estudantes para a questão 10 do questionário de avaliação do AVEA

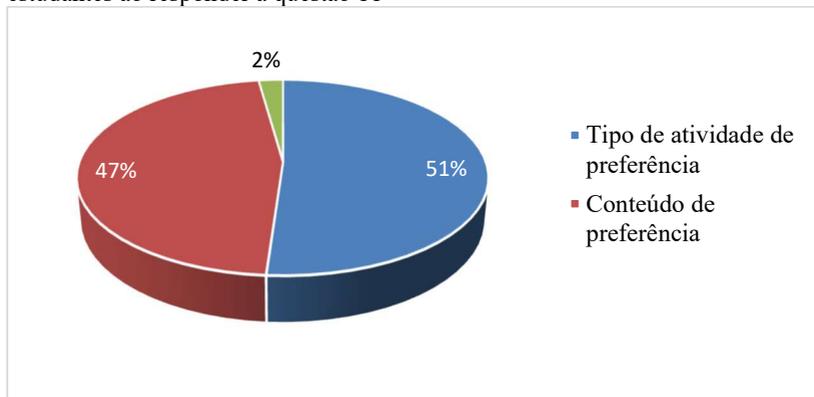
Resposta 1	“Sim, acessava de 2 a 3 vezes por mês, para a realização de atividades. Acessei poucas vezes pois acabava esquecendo de visitar o Moodle, ou me distraía com outras coisas (além da falta de tempo e correria).”
Resposta 2	“Sim, mas apenas algumas vezes, pois muitas vezes não conseguia encerrar as questões em aula e então termina em casa e também para complementar algum material (fórum).”
Resposta 3	“Sim, raramente por falta de tempo.”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

A análise dos acessos gerais ao AVEA constata que aproximadamente 25% dos acessos foram realizados a partir de computadores localizados fora dos laboratórios de informática, locais onde os acessos aconteciam durante os encontros presenciais. Esse dado confirma o que foi exposto pelos estudantes nas respostas da questão 10.

A questão 11, *“Qual ou quais as atividades realizadas no AVEA você gostou mais? E quais você menos gostou?”*, procurou encontrar o tipo de atividade com a qual os estudantes mais se identificaram. Entretanto, para essa pergunta, os estudantes apresentaram duas interpretações. Vinte e três estudantes indicaram o tipo de atividade de sua preferência, resposta esperada pelo professor/pesquisador, enquanto que 21 indicaram o conteúdo que mais se identificaram. Apenas um indicou não ter preferência por nenhum tipo de atividade. A figura 35 traz um gráfico que ilustra a divisão no entendimento na questão 11.

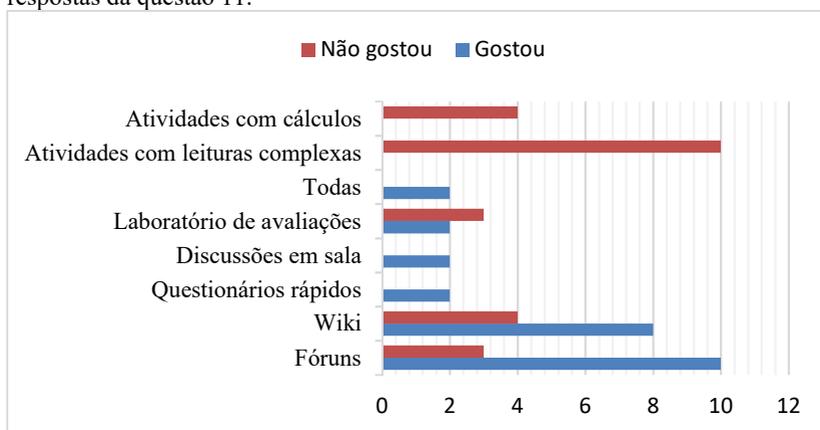
Figura 35 – Gráfico ilustrando a divisão de compreensão apresentada pelos estudantes ao responder a questão 11



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Tomando como base apenas os estudantes que indicaram o tipo de atividade de sua preferência, percebemos que a maioria indicou ter gostado mais das atividades colaborativas e menos das atividades que exigiram leituras complexas e cálculos. A figura 36 ilustra a distribuição de preferências apontada por 51% dos estudantes que responderam à questão 11.

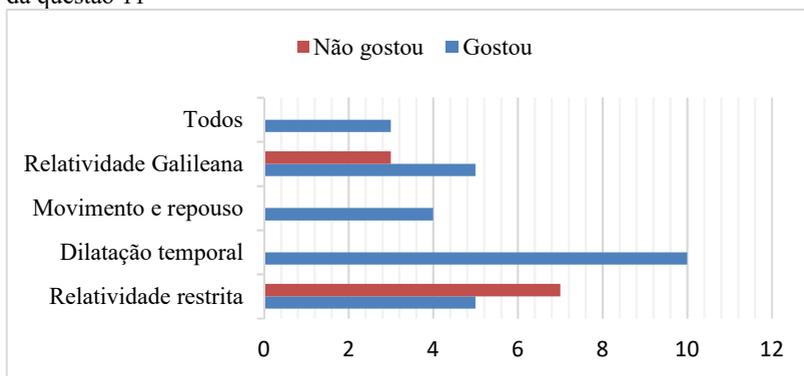
Figura 36 – Preferência pelo tipo de atividade apontado pelos estudantes nas respostas da questão 11.



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

A figura 37 ilustra a distribuição de preferências de conteúdos apontada por 47% dos estudantes que responderam à questão 11. Chama atenção a contradição percebida quando se observa que o conjunto de conhecimentos que envolvem a relatividade restrita recebeu 6 indicações “não gostou” enquanto que o conteúdo isolado “dilatação temporal” recebeu 10 indicações “gostou”. Porém, a figura indica que, em geral, os estudantes gostaram do tratamento de conceitos relacionados a FMC no AVEA.

Figura 37 – Preferência pelo conteúdo apontado pelos estudantes nas respostas da questão 11



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

A questão 12, “*O que você achou das atividades colaborativas (wiki, fórum, outras)? Como você avalia a sua participação? Por que?*”, sondou os estudantes a respeito da preferência das atividades colaborativas e sobre sua participação nelas. Um grupo de 37 estudantes indicou que as atividades colaborativas foram bastante interessantes pois exigiam o envolvimento de todos os estudantes, permitiam a discussão perante visões diferentes e facilitavam a interação entre os colegas.

Quadro 37 - Conteúdos de algumas respostas apresentadas pelos estudantes que indicaram gostar das atividades colaborativas

Resposta 1	“Gostei bastante, principalmente da <i>wiki</i> . Minha participação da <i>wiki</i> foi maior que a dos fóruns.”
Resposta 2	“Gostei, acho que ela ajuda a entender lendo o que os colegas pensam também, acredito que participei dentro do necessário e consegui colocar meu ponto de vista.”

Resposta 3	“Foi uma ótima maneira de promover a participação e interação dos alunos, visando que foi aprendido muitas coisas. Acredito que promovi uma participação construtiva, em colaboração com meus colegas.”
------------	---

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Oito estudantes indicaram não ter gostado das atividades colaborativas. Em geral, os estudantes pertencentes a esse grupo alegaram: pouco tempo para a realização das atividades, a repetitividade nos tópicos dos fóruns e a não afinidade diante do trabalho em equipe. O quadro 39 traz algumas respostas desse grupo de estudantes.

Quadro 38 - Conteúdos de algumas respostas apresentadas pelos estudantes que indicaram não gostar das atividades colaborativas

Resposta 1	“Não trabalho muito bem em equipe, portanto acredito que não fui muito bem em tais atividades.”
Resposta 2	“Acho que esse tipo de atividade é um pouco falha com relação ao tempo que temos para elaborá-la (como no caso do <i>wiki</i>) e meio repetitiva (como no caso dos fóruns). A minha participação talvez tenha deixado a desejar um pouco, mas em modo geral tentei ser útil no que eu consegui.”
Resposta 3	“Não participei muito, pois não gostei muito.”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

A questão 13, “*A presença do professor ao longo da sua experiência pelo AVEA foi necessária? Como?*”, abordou a importância da presença do professor durante o uso do AVEA. Quarenta e quatro respostas afirmaram que a presença do professor foi necessária para auxiliar no esclarecimento de dúvidas que surgiam ao longo das leituras e atividades do AVEA. Apenas um estudante indicou que a presença foi importante, mas que devido à forma com que o AVEA apresentou os conteúdos e atividades, o seu desempenho não teria sido afetado com a ausência do professor.

Questionar sobre a possibilidade de avançar nos tópicos de acordo com a velocidade individual de aprendizagem foi tema da questão número 14: “*A forma como você pôde avançar nos conteúdos de acordo com sua velocidade de aprendizado foi importante? Por quê?*”. Todos indicaram que essa possibilidade é muito importante, pois permite ao estudante que tem dificuldades concluir suas atividades sem pressa e os que apresentam facilidade avançar sem esperar os demais. A resposta 2 ainda indica que era possível que os estudantes pudessem consultar novamente o material e a qualquer momento.

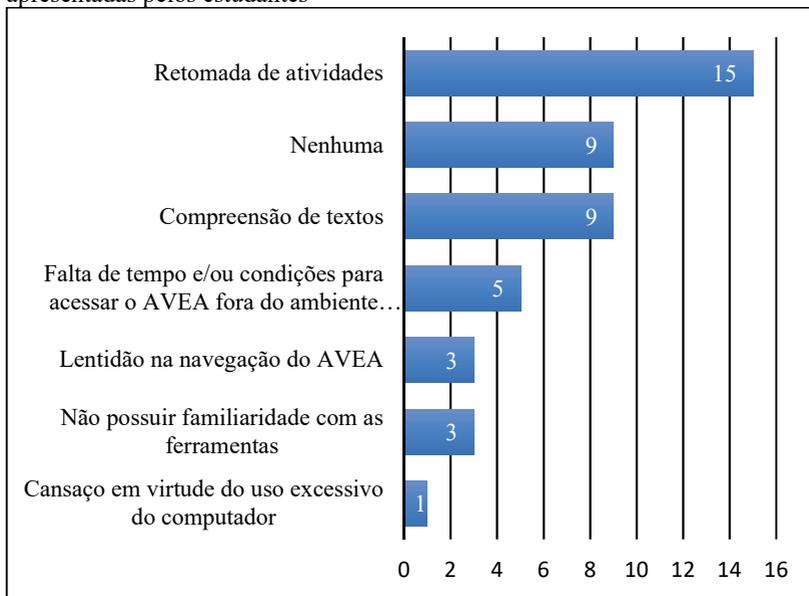
Quadro 39 - Conteúdos de algumas respostas apresentadas pelos estudantes para a questão 14 do questionário de avaliação do AVEA

Resposta 1	“Sim, porque nem sempre eu entendia na mesma velocidade que meus colegas.”
Resposta 2	“Foi importante sim, pois assim acredito que o conteúdo foi melhor fixado e compreendido, podendo também voltar aos assuntos passados em qualquer momento do dia para revisão ou para tirar dúvidas.”
Resposta 3	“Foi, pois minha aprendizagem (em Física) é muito lenta, mas com o Moodle eu consegui acompanhar sem ter que fazer com pressa.”

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

A questão 15, “*Quais foram as suas dificuldades ao usar o AVEA?*”, solicita que sejam indicadas as principais dificuldades de utilização do AVEA. A figura 38 traz a listagem das dificuldades relacionadas pelos estudantes.

Figura 38 – Listagem das principais dificuldades de utilização do AVEA apresentadas pelos estudantes



Fonte: elaborado pelo autor (2016)

Um grupo de nove estudantes indicou não encontrar nenhuma dificuldade de uso do AVEA. Já a principal queixa, apontada por 15 estudantes, está ligada ao formato como as lições foram construídas. Ao longo das lições foram dispostos alguns questionamentos relacionados aos conteúdos nelas abordados. Todavia, caso o estudante retomasse a lição desde o início, ou tivesse saído do AVEA sem concluir a lição, suas respostas já preenchidas eram perdidas, necessitando um novo preenchimento para dar continuidade à lição. De fato, esse problema traz desconforto para o usuário, porém, não há solução a não ser que a lição seja fragmentada. Talvez essa seja uma modificação necessária para futuras aplicações.

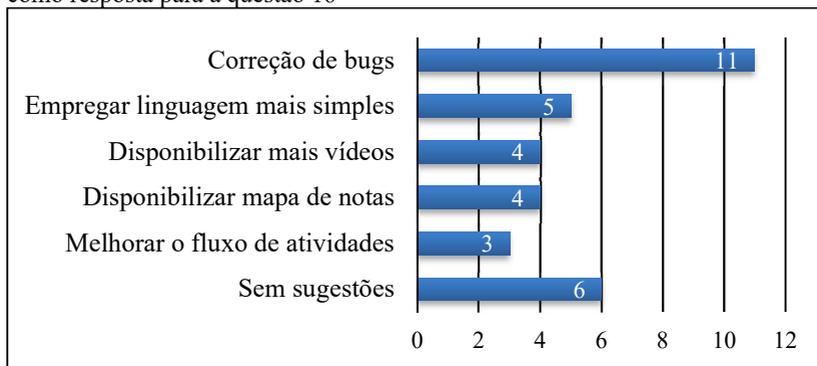
Três estudantes relataram que algumas vezes o sistema do Moodle apresentou lentidão, desmotivando o uso do AVEA. Esse também é um problema que gera desconforto e pode ser evitado se melhorada a estrutura Física da escola, com servidor de banco de dados de grande porte e conexão de Internet com maior velocidade.

Três estudantes relataram a falta de experiência com as ferramentas do Moodle. Esse problema é natural para quem nunca utilizou o Moodle, e tende a ser resolvido durante a aplicação do AVEA.

Outras dificuldades citadas e que fogem do âmbito do Moodle consistem em: dificuldades de interpretação textual e incômodo pelo uso prolongado do computador.

A questão 16, “*Quais são as suas sugestões para a melhoria do AVEA?*”, solicitou sugestões para a melhoria do AVEA. A figura 39 apresenta as sugestões que apareceram com maior frequência.

Figura 39 – Frequência de sugestões para a melhoria do AVEA apresentadas como resposta para a questão 16



Fonte: elaborado pelo autor (2017).

A melhoria mais sugerida aponta para a correção de *bugs*²² nas páginas do AVEA. Cabe salientar que estes *bugs* estão relacionados a um problema anteriormente citado, onde os estudantes perdiam respostas já enviadas quando reiniciavam a lição durante as revisões de conteúdos já cumpridos. A solução mais viável é fragmentar as lições em partes menores.

Quanto ao problema de linguagem complexa, os estudantes referem-se não a linguagem empregada para a construção de tarefas e lições, mas sim às indicações de leitura de o “Diálogo” de Galileu Galilei. Apesar do vocabulário ser complexo, acredita-se que o uso desses textos é de fundamental importância e pode colaborar com o aprendizado e engrandecer a bagagem cultural dos estudantes.

A disponibilização do mapa de notas foi outra melhoria sugerida e acatada ainda durante a aplicação do AVEA, pois permite que os estudantes acompanhem o seu avanço nas atividades do AVEA. Outro ponto que apareceu nas sugestões consiste na melhoria no fluxo de atividades. Este ponto foi sugerido por três estudantes, porém, sem justificativa para esclarecimentos. Acredita-se que o AVEA foi construído com um fluxo condizente de atividades, mas que é passível de modificação, entretanto, como não houve justificativa para tal sugestão, esta ficará sujeita a novas aplicações do AVEA.

Outras sugestões que aparecem em menor número estão listadas a seguir: 1) Grupos menores para a realização de atividades colaborativas; 2) Mais atividades em grupo; 3) Aumentar a velocidade do sistema Moodle; 4) Deveria ter revisão de outros conteúdos do Ensino Médio; 5) Menos conteúdo.

Como última etapa da avaliação do AVEA, os estudantes responderam ao questionamento 17: *“A partir da experiência com o AVEA, você encorajaria seus professores para que utilizem Ambientes virtuais de ensino e aprendizagem durante a abordagem de alguns conteúdos? Por quê?”*.

Quarenta e cinco estudantes responderam ao questionamento, e todos apresentaram o indicativo de que sim, os professores deveriam usar o Moodle nos moldes em que o AVEA da disciplina de Física foi utilizado. Na figura 40 são apresentadas as justificativas dos estudantes para que o AVEA seja utilizado por outros professores.

²² Defeito, falha ou erro no código da página em HTML que provoca seu mau funcionamento

Figura 40 – Frequência de justificativas apresentadas pelos estudantes para o questionamento 17



Fonte: elaborado pelo autor (2017)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, apresentou-se o resultado da construção, aplicação e análise de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem voltado para a abordagem do conceito de relatividade. Conforme apresentado nos capítulos anteriores, o objetivo principal do AVEA consistiu em abordar, através de tecnologias digitais de informação e comunicação, a presença e a necessidade de uma teoria da relatividade na mecânica clássica, além fomentar a discussão de suas limitações, apresentando a TRR como um novo modelo teórico. Desta forma, procurou-se elaborar uma metodologia para introduzir este assunto que é complexo e pouco discutido nas classes de ensino médio.

Através da plataforma Moodle, os estudantes foram submetidos a lições, discussões, atividades e outras ferramentas, cujos resultados e respostas possibilitaram a realização de análises para a verificação da usabilidade e pertinência do material, assim como o aproveitamento das atividades e o aprendizado.

A aplicação de um AVEA como apoio para o ensino presencial mostrou-se viável e proveitoso. Observou-se inicialmente a pouca familiaridade dos estudantes com o Moodle. Porém, com o aumento da experiência junto da plataforma no decorrer da aplicação, percebeu-se melhora na qualidade da participação dos estudantes. Este fato torna-se evidente quando são comparadas as participações entre o primeiro e o último fórum proposto e também na evolução das respostas que são apresentadas pelos estudantes no desdobramento das atividades do AVEA.

Ao longo da construção do AVEA, atentou-se para a elaboração de um material com navegação não linear. Apesar desta característica ter interferido na participação dos estudantes, pois ao ter liberdade para navegação, nem todos acabaram participando de todas as atividades propostas, a não linearidade influenciou diretamente na motivação ao permitir a escolha do “caminho” mais pertinente para o momento da aprendizagem, conforme relato dos próprios estudantes.

Apesar de não ter sido realizada nenhuma avaliação formal de aprendizagem (testes, pré-testes, questionários isolados, etc.) ao analisar os índices de aproveitamento de cada seção do AVEA, percebeu-se que de modo geral as atividades propostas tiveram resultados significativos, ou seja, a maior parte dos estudantes respondeu a contento as atividades propostas, indicando que a utilização do AVEA pode ser uma metodologia eficaz para a abordagem do conceito de relatividade.

Através do questionário de avaliação percebeu-se ótima aceitabilidade do AVEA. Tendo em vista que a maioria dos estudantes indicou inicialmente que sua experiência com o Moodle consistia apenas no acesso a repositórios de arquivos, o uso do AVEA ao longo do período de aplicação mostrou que os estudantes habituaram-se facilmente com as demais ferramentas que o Moodle oferece. É importante salientar que todos os estudantes afirmaram que encorajariam os demais professores a utilizar o Moodle nos moldes como o AVEA foi utilizado ao longo deste trabalho.

Em relação a usabilidade, a maioria dos estudantes indicou que os textos e os enunciados das atividades estavam claros, além de apontar que as mídias, compreendidas aqui nos formatos de imagens, vídeos e simulações, utilizadas ao longo do AVEA tiveram importância na elucidação dos conceitos e atividades. No entanto, observou-se que em relação as mídias utilizadas, as simulações apresentaram menor interesse. Espera-se que ao vincular seu uso diretamente a tarefas que exigem respostas paralelas ao seu cumprimento, permita melhorar o interesse por este tipo de mídia.

A navegabilidade também foi avaliada e, a maioria dos estudantes indicou facilidade em navegar pelo ambiente. Um aspecto indicado pelos estudantes após o uso do AVEA menciona a dificuldade de navegar pelas atividades “lição” nas quais foram agregados questionários. De fato, ao retomar uma lição já concluída, o estudante era obrigado a responder novamente os questionários ali presentes, desmotivando, por exemplo, a retomada dos conteúdos abordados naquela “lição”, fator importante para o aprendizado. A resolução deste problema implica o desmembramento da “lição” em “lições” menores, acarretando, porém, a perda da não linearidade da navegação.

Evidenciou-se no discurso dos estudantes, ao longo da aplicação do AVEA e também no retorno obtido no questionário de avaliação, que a figura do professor – tutor é de grande importância para o processo de aprendizagem. Sua função está ligada a fatores importantes, como o estímulo à motivação, a orientação, a elucidação dos assuntos e atividades mais complexas, a provocação das discussões, entre outros. Recomenda-se então, que o professor adote uma postura participativa ao longo da aplicação, pois como observado a aplicação dos fóruns, a participação foi melhorada em quantidade e qualidade nos eventos onde o professor colaborou ativamente em comparação com os eventos onde atuou de forma passiva.

Ressalta-se ainda que o AVEA não é um produto acabado. Além da necessidade de algumas modificações percebidas a partir do

questionário de avaliação do AVEA, cabe ao docente interessado em implementá-lo em sua prática pedagógica, as devidas alterações a fim de adequar o AVEA a sua realidade escolar, permitindo assim, uma experiência mais significativa aos seus estudantes.

Acredita-se que este trabalho cumpriu seu objetivo de oferecer aos professores de física uma metodologia diferenciada para abordar o conceito de relatividade em classes de nível médio.

REFERÊNCIAS

ABEGG, Ilse; BASTOS, Fábio da Purificação de; MÜLLER, Felipe Martins. Ensino-aprendizagem colaborativo mediado pelo *wiki* do Moodle. **Educar em revista**, Curitiba, n. 38, p. 205-218. 2010. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/educar/article/download/13129/13530>>. Acesso em 17 Jan. 2016.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: Contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316 p. Tradução de: Esteia dos Santos Abreu.

BOHM, David. **A teoria da relatividade restrita**. São Paulo: Unesp, 2012. 297 p. Tradução de: Roberto Leal Ferreira.

BORGES, Mauro Duro. **Física moderna e contemporânea no ensino médio: Uma experiência didática com a teoria da relatividade restrita**. 2005. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/10375>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

CAMARGO, Eder Pires de. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão**. 2005. 272 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

COUTO, Edvaldo; FONSECA, Daisy. Comunidades virtuais: herança cultural e tendência contemporânea. In: PRETTO, Nelson. De Luca. (Org.). **Tecnologia e novas educações**. Salvador: EDUFBA, 2005, p. 53-81.

COLL, César; MONEREO, Carles. Educação e aprendizagem no Século XXI: Novas ferramentas, novos cenários, novas finalidades. In: COLL, César; MONEREO, Carles. **Psicologia da educação virtual**: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e comunicação. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 1. p. 15-47. Tradução de: Naila Freitas.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências: Fundamentos e métodos**. 3ed. São Paulo: Cortez, 2009. 364 p.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da relatividade especial e geral**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999. 136 p. Tradução de: Carlos Almeida Pereira.

ESPINDOLA, Marina Bazzo. de. **Integração de tecnologias de informação e comunicação no ensino superior: análise das experiências de professores das áreas de ciências e da saúde com o uso da ferramenta constructore**. 2010. 237 f. Tese (Doutorado em Educação, Difusão e Gestão em Biociências) – Universidade Federal de Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Educação, Difusão e Gestão em Biociências. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/50/teses/d/CCS_D_MarinaBazzoDeEspindola.pdf>. Acesso em 12 nov. 2016.

FIGUEIRA, Álvaro; FIGUEIRA, Carmen; SANTOS, Hugo. **Moodle: Criação e Gestão de cursos on-line**. 2. ed. Lisboa: FCA, 2009. 259 p.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p. Tradução de: Joice Elias Costa.

FRUET, Fabiane Sarmento Oliveira. **Atividades de estudo hipermediática mediadas por ambiente virtual de ensino-aprendizagem livre**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Educação, Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

GALILEI, Galileu. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. São Paulo: Editora 34, 2011. 887 p. Tradução de: Pablo Rubén Marioconda.

GALVÃO FILHO, Teófilo Alves. Ambientes computacionais e telemáticos na educação de alunos com necessidades especiais. In: PRETTO, Nelson. De Luca. (Org.). **Tecnologia e novas educações**. Salvador: EDUFBA, 2005, p.105-126.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ufrgs Editora, 2009. 120 p. Disponível em:

<<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José Cláudio. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 Jun. 2015.

JARDIM, Vladimir; BARROS, José Antônio de Almeida. Inserção de Física moderna no ensino médio: difração de um feixe laser. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 154-169, jan. 1999. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6805>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

KNIGHT, Randall. **Física 4: Uma abordagem estratégica**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 272 p. Tradução de: Clóvis Belbute Peres, Ana Rita de Avila Belbute Peres.

LACERDA, Andresson Lopes. **Contribuições do design instrucional ao ensino presencial de Física apoiado por ambiente virtual de aprendizagem**. 2013. 244p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107319/320467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 22 Fev. 2016

MARTINS, Roberto de Andrade. **A origem histórica da relatividade especial**. São Paulo: Livraria da Física, 2015. 282 p.

MICHELSON, Albert; MORLEY, Edward. On the relative motion of the Earth and the Luminiferous Ether. *The American Journal Of Science*, New Heaven, Conn, v. XXXIV, n. 203, p.332-345, nov. 1887. Disponível em: <<http://history.aip.org/history/exhibits/gap/PDF/michelson.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

MILLIGAN, Colin. Delivering Staff and Professional Development Using Virtual Learning Environments. In: **The Role of Virtual Learning**

Environments in the Online Delivery of Staff Development. Institute for Computer Based Learning, Heriot-Watt University, Riccarton, Edinburgh. 1999. Disponível em: <<http://www.icbl.hw.ac.uk/jtap-573/573r2-3.html>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

NITTA, Hideo; YAMAMOTO, Masafumi; TAKATSU, Keita. **Guia Mangá Relatividade.** São Paulo: Novtec, 2011. 192 p.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica: mecânica.** 4. ed. São Paulo: Blucher, 2002. 328 p.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste dos Santos Freire. Relatividade restrita no ensino médio: Contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 176-190, jan. 2002. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6620>>. Acesso em: 19 jun. 2015.

PEREIRA, Alessandro; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o ensino de Física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p.393-420, 2009. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/349/216>>. Acesso em: 19 jun. 2015.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar.** Tradução de Patrícia Chittoni Ramos. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 192 p.

PIETROCOLA, Maurício; ZYLBERSZTAJN, Arden. O USO DO PRINCÍPIO DE RELATIVIDADE NA INTERPRETAÇÃO DE FENÔMENOS POR ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA. In: Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, 1996, Águas de Lindóia. **Anais do V EPEF.** Belo Horizonte: UFMG, 1998. v. 1, p. 192 - 201. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/EPEF/V/V-Encontro-de-Pesquisa-em-Ensino-de-Fisica.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2016.

PIRES, Antônio Sérgio. Teixeira. **Evolução das ideias da Física.** 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011. 478 p.

RODRIGUES, Carlos Daniel Ofugi; **Inserção da Teoria da Relatividade Restrita no ensino médio: Uma nova proposta.** 2001. 174p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SEIXAS, Wladimir. O princípio da Relatividade: De Galileu a Einstein. **Revista Brasileira de História da Matemática:** Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de História da Matemática, Rio Claro, v. 5, n. 10, p.43-53, out. 2005. Semestral. Disponível em: <[http://www.rbhm.org.br/issues/RBHM - vol.5, no10, outubro \(2005\) /Seixas - RBHM, Vol. 5, no 10, p. 43-56, 2005.pdf](http://www.rbhm.org.br/issues/RBHM - vol.5, no10, outubro (2005) /Seixas - RBHM, Vol. 5, no 10, p. 43-56, 2005.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2015.

SILVA, Robson Santos, da. **MOODLE 2 para autores e tutores.** 3 ed. São Paulo: Novatec, 2013. 168 p.

TEIXEIRA, Graziela Gomes Stein. **As TDIC na formação inicial de professores de Física: a voz dos egressos e licenciandos do curso.** 2014. 142p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014.

TAKIMOTO, Erika. **História da Física na sala de aula.** São Paulo: Livraria da Física, 2009. 151 p.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo; STRIEDER, Dulce Maria. **Planejamentos didáticos: uma agenda de investigação para o ensino de Física moderna na escola média.** In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 12, 1997, Belo Horizonte. Atas do Belo Horizonte, UFMG, 1997. p. 606 – 613.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da Física moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, jan. 1992. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7392>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

WOLF, Jeferson. Fernando de Souza. **O ensino da Teoria da Relatividade no ensino médio: uma abordagem histórica e conceitual.** 2005. 174 p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

APÊNDICE A –TCLE destinado aos estudantes



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA -
TRINDADE

CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estimado estudante

Você está sendo convidado (a) a participar de um projeto de dissertação de mestrado intitulado “**Desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino da relatividade**”. Este projeto está ligado ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física junto ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Neste estudo, pretendemos desenvolver um ambiente virtual de aprendizagem, através da plataforma Moodle, para levantar a discussão e oportunizar o aprendizado da teoria da relatividade restrita de forma construtiva e colaborativa. Pretendemos aplicar este ambiente virtual na sua turma do ensino médio com o intuito de avaliar sua eficácia na aprendizagem destes conhecimentos. O motivo que nos leva a este estudo baseia-se na busca por metodologias de ensino que permitam a abordagem de temas da Física moderna nas classes de ensino médio através de ferramentas tecnológicas.

Os responsáveis por este trabalho são: Diogo Chitolina, professor do ensino básico técnico e tecnológico no Instituto Federal de Santa Catarina – Campus São Miguel do Oeste, o qual poderá ser contatado a qualquer momento pelo telefone: (49) 3631-0400, pelo e-mail: diogo.chitolina@ifsc.edu.br ou pessoalmente no endereço: Rua 22 de abril 2440, Bairro São Luiz, São Miguel do Oeste - SC e o seu orientador,

Paulo José Sena dos Santos, professor do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3721-3708 ou pelo e-mail: paulo.sena@ufsc.br .

Ao longo de algumas aulas da disciplina de Física que ocorrem normalmente no Instituto Federal de Santa Catarina – Campus São Miguel do Oeste, você utilizará um ambiente virtual de ensino e aprendizagem construído com o objetivo de facilitar o aprendizado de conteúdos relacionados a Física moderna, mais especificamente ao conceito de relatividade. Neste ambiente você entrará em contato com diversas atividades educacionais planejadas para serem executadas de forma individual ou colaborativa. Durante a aplicação do ambiente virtual, poderão ser coletados dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravações em áudio das discussões em sala de aula.
- Registros escritos pelos alunos.
- Questionários e avaliações *online*.

Estes dados coletados serão analisados posteriormente de forma a garantir o sigilo absoluto sobre a identidade dos participantes, atendendo a legislação brasileira (Resolução N° 466/12 do Conselho Nacional de Saúde). Os resultados deste projeto, cujos objetivos são estritamente acadêmicos e científicos, poderão ser divulgados através da dissertação de mestrado, artigos científicos e comunicações em congressos, sempre envolvendo o anonimato entre os participantes.

Para participar deste projeto, você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ressalta-se que não é previsto nenhum risco ou desconforto além dos quais você naturalmente estaria sujeito ao participar de uma atividade educacional coletiva. Você poderá ficar cansado ou aborrecido ao responder questionários, sentir algum desconforto durante as gravações de áudio das discussões em sala de aula ou até mesmo ficar constrangido ao realizar alguma atividade colaborativa com os demais colegas. Existe também o risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional caso porventura houver furto ou extravio de computador ou dispositivos com arquivos armazenados. Por isso, o professor/pesquisador e seu orientador comprometem-se a tomar todas as precauções para evitar ou minimizar quaisquer riscos. Salienta-se que ao participar do projeto, você estará contribuindo para a melhoria do ensino de Física no país.

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso venha sofrer algum acidente ou mal-estar durante sua realização, você será encaminhado aos setores ou órgãos de assistência da escola aos quais normalmente seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar

durante qualquer outra atividade escolar. Caso você tenha alguma despesa adicional ou venha a sentir-se lesado Física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação no projeto, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e/ou indenização pelos danos sofridos.

Caso você perceba a necessidade de descontinuar a sua participação no projeto, informamos que esta solicitação poderá ser feita a qualquer momento através do contato anteriormente disponibilizado. Você será esclarecido (a) sobre o projeto em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Salienta-se que a aplicação do ambiente virtual faz parte das aulas regulares da disciplina, assim, a não concordância com a participação no projeto não lhe isenta da realização das atividades propostas em sala de aula pelo professor/pesquisador. Sua participação é voluntária e a recusa em participar no projeto não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido (a) pelo professor/pesquisador.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais o professor/pesquisador e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vítor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone (48) 3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br. Este termo será assinado em duas vias, uma cópia ficará com você para eventuais consultas e a segunda cópia será arquivada pelo professor/pesquisador.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de Física possibilitando o desenvolvimento e avaliação de novas metodologias que facilitem a aprendizagem.

Nos colocamos a disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o projeto.

Declaração do estudante participante

Após a leitura do termo de consentimento, eu, _____ declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do trabalho “Desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino da relatividade”. Declaro estar esclarecido acerca dos propósitos do trabalho, dos procedimentos que serão adotados, das garantias de confidencialidade e de que a qualquer momento posso pedir para que os dados coletados referentes a minha pessoa não sejam utilizados na pesquisa, o que não caracteriza dispensa da realização das atividades propostas em sala de aula.

Estudante convidado e CPF

Declaração do Professor/pesquisador

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito de pesquisa, ou do representante legal, para a participação neste projeto. Comprometo-me a conduzir a pesquisa de acordo com o que preconiza a Resolução 466/12 de 12/06/2012, que trata dos preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa.


Professor/pesquisador

São Miguel do Oeste, 25 de Abril de 2016.

APÊNDICE B - TCLE destinado aos pais e/ou responsáveis



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA -
TRINDADE
CEP: 88.040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Senhores Pais e/ou Responsáveis

Seu (sua) filho (a) está sendo convidado (a) a participar de um projeto de dissertação de mestrado intitulado “**Desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino da relatividade**”. Este projeto está ligado ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física junto ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Neste estudo pretendemos desenvolver um ambiente virtual de ensino e aprendizagem, através da plataforma Moodle, para levantar a discussão e oportunizar o aprendizado da teoria da relatividade de forma construtiva e colaborativa. Pretendemos aplicar este ambiente virtual em turmas do ensino médio e avaliar sua eficácia na aprendizagem dos estudantes. O motivo que nos leva a este estudo baseia-se na busca por metodologias de ensino que permitam a abordagem de temas da Física moderna nas classes de ensino médio através de ferramentas tecnológicas a fim de criar oportunidades de aprendizagem significativa aos estudantes.

Os responsáveis por este trabalho são: Diogo Chitolina, professor do ensino básico técnico e tecnológico no Instituto Federal de Santa Catarina – Campus São Miguel do Oeste, o qual poderá ser contatado a

qualquer momento pelo telefone: (49) 3631-0400, pelo e-mail: diogo.chitolina@ifsc.edu.br ou pessoalmente no endereço: Rua 22 de abril 2440, Bairro São Luiz, São Miguel do Oeste - SC e o seu orientador, Paulo José Sena dos Santos, professor do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina que poderá ser contatado pelo telefone: (48) 3721-3708 ou pelo e-mail: paulo.sena@ufsc.br.

Ao longo de algumas aulas da disciplina de Física que ocorrem normalmente no Instituto Federal de Santa Catarina – Campus São Miguel do Oeste, os estudantes utilizarão um ambiente virtual de ensino e aprendizagem construído com o objetivo de facilitar o aprendizado de conteúdos relacionados a Física moderna, mais especificamente ao conceito de relatividade. Neste ambiente o (a) estudante entrará em contato com diversas atividades educacionais planejadas para serem executadas de forma individual ou colaborativa. Durante a aplicação do ambiente virtual, poderão ser coletados dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravações em áudio das discussões em sala de aula.
- Registros escritos pelos alunos.
- Questionários e avaliações *online*.

Estes dados coletados serão analisados posteriormente de forma a garantir o sigilo absoluto sobre a identidade dos participantes, atendendo a legislação brasileira (Resolução N° 466/12 do Conselho Nacional de Saúde). Os resultados deste projeto, cujos objetivos são estritamente acadêmicos e científicos, poderão ser divulgados através da dissertação de mestrado, artigos científicos e comunicações em congressos, sempre envolvendo o anonimato entre os participantes.

Para participar deste projeto, o estudante sob sua responsabilidade não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ressalta-se que não é previsto nenhum risco ou desconforto ao seu (sua) filho (a) além dos quais ele (a) naturalmente estaria sujeito ao participar de uma atividade educacional coletiva como ficar cansado ou aborrecido ao responder questionários, sentir desconforto durante as gravações de áudio das discussões em sala de aula ou até mesmo ficar constrangido ao realizar uma atividade colaborativa com os demais colegas. Existe também o risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional caso porventura houver furto ou extravio de computador ou dispositivos com arquivos armazenados. Por isso o professor/pesquisador e seu orientador comprometem-se a tomar todas as precauções para evitar ou minimizar qualquer risco. Salienta-se que ao participar do projeto, seu (sua) filho (a) está contribuindo para a melhoria do ensino de Física no país

Como esta pesquisa será realizada dentro do ambiente escolar, caso seu filho (a) sofra algum acidente ou mal-estar durante sua realização, ele (a) será encaminhado (a) aos setores ou órgãos de assistência aos quais seria encaminhado em caso de acidente ou mal-estar durante qualquer outra atividade escolar. Caso seu filho (a) tenha alguma despesa adicional ou sintá-se lesado Física ou moralmente por algo comprovadamente relacionado à sua participação no projeto, poderá, nos termos e procedimentos da lei, solicitar o ressarcimento dos valores gastos e indenização pelos danos sofridos.

Caso o Sr. (Sra.) perceba a necessidade de descontinuar a participação do seu (sua) filho (a) no projeto, informamos que esta solicitação poderá ser feita a qualquer momento através do contato anteriormente disponibilizado. O (A) estudante será esclarecido (a) sobre o projeto em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Salienta-se que a aplicação do ambiente virtual faz parte das aulas regulares da disciplina, assim, a não concordância com a participação no projeto não isenta o estudante das atividades propostas em sala de aula pelo professor/pesquisador. A participação dele (a) é voluntária e a recusa em participar no projeto não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido (a) pelo professor/pesquisador.

Os aspectos éticos desta pesquisa são regulamentados pela resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e leis complementares, das quais o professor/pesquisador e seu orientador estão cientes e comprometem-se a seguir rigorosamente. O projeto de pesquisa, seus objetivos e metodologia, bem como este termo de consentimento livre e esclarecido, foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPSH-UFSC), que pode ser contatado pessoalmente na rua Desembargador Vitor Lima 222, Prédio Reitoria II, 4o. andar, sala 401, Florianópolis, SC, pelo telefone (48) 3721-6094 e pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br. Este termo será assinado em duas vias, uma cópia ficará com o Sr. (Sra.) para eventuais consultas e a segunda cópia será arquivada pelo professor/pesquisador.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições para o ensino de Física possibilitando o desenvolvimento e avaliação de novas metodologias que facilitem a aprendizagem. Nos colocamos a disposição para quaisquer esclarecimentos sobre o projeto.

Declaração do estudante participante

Após a leitura deste termo, eu, _____ portador (a) do CPF: _____ declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do trabalho “Desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino da relatividade”. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável, declaro que concordo em participar dessa pesquisa.

Estudante convidado e CPF

Declaração dos pais ou responsáveis

Após a leitura do termo anteriormente exposto, eu, _____, CPF nº: _____ declaro estar suficientemente informado (a) a respeito do projeto intitulado “Desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino da relatividade”. Declaro estar esclarecido acerca dos propósitos do trabalho, dos procedimentos que serão adotados, das garantias de confidencialidade e de que a qualquer momento posso pedir esclarecimentos. Afirmo ter conhecimento também da garantia por parte dos pesquisadores, de acesso à documentação referente ao trabalho, quando assim o desejar, e da possibilidade de retirada do meu consentimento de utilização das informações coletadas sem penalidades ou prejuízos. Declaro também ter recebido uma via original desse documento, rubricada em todas as páginas e assinada por mim e pelo professor/pesquisador. Para finalizar, declaro concordar voluntariamente que meu filho (a): _____ participe da coleta dos dados deste projeto.

Assinatura da mãe, pai ou responsável e CPF

APÊNDICE C – Questionário de avaliação do AVEA

- 1- Na escola onde você estuda, é um hábito dos professores utilizarem o Moodle em suas aulas?
- 2- Em caso afirmativo para a questão anterior, os professores utilizam o Moodle nos mesmos moldes que o AVEA da Física? Comente.
- 3- De maneira geral os textos do AVEA estavam claros?
- 4- E o enunciado das atividades estava claro?
- 5- As imagens usadas contribuíram para a interpretação dos textos?
- 6- Os vídeos utilizados contribuíram para melhorar entendimento dos conceitos?
- 7- As simulações computacionais contribuíram para complementar a abordagem dos conteúdos?
- 8- A forma como você pôde navegar pelo AVEA foi satisfatória?
- 9- Você conseguiu encontrar as informações contidas no AVEA com facilidade?
- 10- Você acessou o AVEA fora do ambiente escolar? Se a sua resposta foi afirmativa, com que frequência? Se você acessou poucas vezes qual foi o motivo?
- 11- Qual ou quais as atividades realizadas no AVEA você gostou mais? E quais você menos gostou?
- 12- O que você achou das atividades colaborativas (*wiki*, fórum, outras)? Como você avalia a sua participação? Por que?
- 13- A presença do professor ao longo da sua experiência pelo AVEA foi necessária? Como?
- 14- A forma como você pôde avançar nos conteúdos de acordo com sua velocidade de aprendizado foi importante? Por quê?
- 15- Quais foram as suas dificuldades ao usar o AVEA?
- 16- Quais são as suas sugestões para a melhoria do AVEA?
- 17- A partir da experiência com o AVEA, você encorajaria seus professores para que utilizem Ambientes virtuais de ensino e aprendizagem durante a abordagem de alguns conteúdos? Por quê?

APÊNDICE D – Manual de uso do AVEA

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física
Centro de Ciências Físicas e Matemáticas

Manual de utilização do AVEA:
Construção do conceito de Relatividade

Diogo Chitolina
Paulo José Sena dos Santos

Florianópolis, 2017

1 INFORMAÇÕES INICIAIS

Este Ambiente virtual de ensino e aprendizagem foi construído com o intuito de disponibilizar aos professores de física uma metodologia auxiliar para a abordagem da teoria da relatividade em classes de ensino médio. Este material utiliza a relatividade de Galileu e as limitações da mecânica clássica como pano de fundo para a introdução da teoria da relatividade restrita.

Antes de iniciarmos a discussão sobre o Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem, gostaria de convidar o leitor para que faça um primeiro acesso ao AVEA. Para tanto, é necessário acessar o endereço: <http://moodle.ifsc.edu.br/course/view.php?id=843>.²³

A figura 1 ilustra a tela inicial, na qual você deverá realizar o acesso como visitante.

Figura 1 - Página de acesso do AVEA

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Ao efetuar o acesso como visitante, você será direcionado para a página inicial do AVEA, ilustrada na figura 2.

²³ Caso o endereço esteja indisponível, entre em contato através do e-mail: diogoch@gmail.com

Figura 2 - Página de acesso do AVEA.

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

Observe os tópicos e estruturas do AVEA. Como a instituição na qual o AVEA está hospedado não permite que usuários sem vínculos institucionais participem de forma ativa na utilização do AVEA, as atividades intituladas: “Como você descreveria o movimento da ciclista na imagem acima” e “Movimento ou repouso?” não poderão ser visualizadas. As demais atividades, lições ou ferramentas estão acessíveis para usuários visitantes.

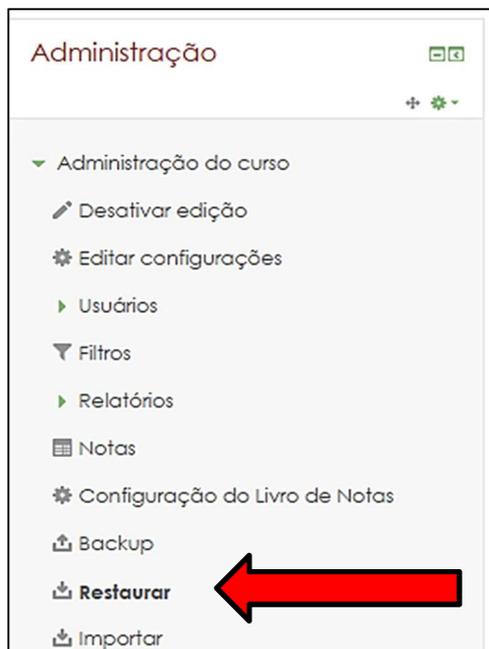
Chamo a atenção para o primeiro elemento da página denominado: “Download do arquivo de backup do AVEA”. Caso você tenha interesse em aplicar este AVEA em suas turmas, será necessário realizar o *download* deste arquivo para incorporá-lo à plataforma Moodle da sua escola.

1.1 Procedimento para instalação do AVEA na plataforma Moodle

Para utilizar o AVEA no Moodle de sua escola, siga os seguintes passos:

- **Passo 1:** Realizar o Download do arquivo de backup, indicado no tópico anterior.
- **Passo 2:** Adicione um novo curso na plataforma Moodle da sua escola. Caso sua escola não possua estrutura com servidor de banco de dados, você pode contratar este serviço pela Internet. Um banco de dados que permite acesso simultâneo a 35 alunos custa em torno de 40 reais mensais.
- **Passo 3:** Depois de adicionar o novo curso, procure pelo botão: “restaurar” dentro da aba “Administração do curso”. Esta aba costuma ficar do lado esquerdo da página conforme a figura 3.

Figura 3 – Botão “Restaurar”.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

- **Passo 4:** Depois de clicar no botão: “restaurar” você será direcionado para a página ilustrada na figura 4. Nesta

etapa você deverá importar o arquivo de backup (passo 1). Para isso, clique no botão: “Escolha um arquivo” e selecione o arquivo de backup do AVEA. Logo após clique no botão: “restaurar”.

Figura 4 - Página de acesso do AVEA.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Passo 5:** Matricule seus estudantes no curso. O mesmo já está apto para a utilização.

Cabe ressaltar que a partir do momento em que a importação for concluída, você está apto para fazer modificações no AVEA a fim de adequá-lo à realidade de sua escola.

O capítulo seguinte fará uma discussão sobre a plataforma Moodle e as ferramentas nela disponíveis.

2 A PLATAFORMA MOODLE

O Moodle (*Modular object-oriented dynamic learning environment*), ou seja, ambiente virtual de aprendizagem dinâmica orientado por objetos, é um software que possibilita a criação e gerenciamento de cursos em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem (AVEA). O Moodle encaixa-se na categoria de software livre, baseado na web, cujo código é aberto e permite que seja distribuído, adaptado e utilizado de forma gratuita. Motivo pelo qual é uma das plataformas de AVEA mais utilizadas em nível

mundial tanto em cursos a distância quanto como complemento para as aulas presenciais.

Conforme Lacerda (2013), a primeira versão do Moodle, ainda na década de noventa, surgiu como resultado da tese de doutorado de Martin Dougianas na *Curtin University of Technology*, Austrália. Sua atualização e aperfeiçoamento acontece de forma permanente e colaborativa por programadores espalhados pelo globo.

Segundo Figueira, Figueira e Santos (2009), o Moodle foi idealizado a partir de um modelo educacional conhecido como “construcionismo social”. O modelo construcionista compartilha a ideia do modelo construtivista que entende o desenvolvimento cognitivo como um processo ativo de construção e modificação de esquemas e estruturas mentais. Contudo, o modelo construcionista está alicerçado na concepção de que a aprendizagem só é efetiva quando os conhecimentos adquiridos são utilizados com o intuito de construir algo que será utilizado para que outras pessoas possam experimentar e aprender em cima dessa construção. Nas palavras dos autores:

O construcionismo social estende estas noções a um grupo de indivíduos que constroem coisas uns para os outros, colaborativamente criando uma cultura própria de artefatos e conceitos partilhados. A imersão neste tipo de ambiente leva a que a aprendizagem esteja a ser realizada sistematicamente e a vários níveis. (FIGUEIRA, A; FIGUEIRA, C; SANTOS, 2009, p 16).

Sob esta mesma perspectiva, Silva (2013) aponta que um dos principais objetivos do Moodle consiste em permitir que os processos de ensino-aprendizagem ocorram principalmente pela interação dos sujeitos, e não apenas na interatividade dos conteúdos. Silva ainda afirma que o Moodle pode privilegiar a construção/reconstrução do conhecimento, a autoria, a produção colaborativa e a aprendizagem significativa. O Moodle engloba este modelo em algumas ferramentas como a *wiki*, que consiste em uma atividade de construção textual colaborativa, permitindo aos participantes a construção de um trabalho em grupo de forma assíncrona, organizando de modo coletivo as significações e

reflexões provocadas pelos conteúdos aprendidos ao longo do curso.

As diversas maneiras que o Moodle possibilita para a organização e apresentação permite uma integração hipermediática dos conteúdos, das atividades propostas e das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) na construção do AVEA. Isso, segundo Lacerda (2013), favorece uma organização dos conceitos de forma versátil, onde os conteúdos podem ser “navegados” em uma ordem pré-definida ou seguindo uma lógica não linear, conforme o interesse do sujeito envolvido. O não engessamento da ordem com que o estudante transita pelo AVEA corrobora com o aspecto construtivista presente na concepção do Moodle.

De acordo com o exposto anteriormente, é importante ressaltar que o AVEA se constitui como um ambiente onde pode acontecer a ruptura da hierarquia escolar contida nos moldes tradicionais. Isto é percebido quando o papel do professor deixa de ser o transmissor do conhecimento e passa a ser o de orientador, que faz a ligação entre os estudantes, suas necessidades, seu papel na sociedade e os conhecimentos, proporcionando situações e discussões que, de forma colaborativa, direcionam os estudantes no alcance de seus objetivos.

2.1. AS FERRAMENTAS DO MOODLE

Os AVEA permitem que professor e alunos participem de forma ativa no processo de ensino-aprendizagem. Muito além de um simples repositório de arquivos na Internet, conforme Figueira, Figueira e Santos (2009), o Moodle congrega ferramentas que possibilitam a criação e disponibilização de comunidades de aprendizagem on-line, onde os participantes podem, por exemplo, comunicar-se entre si de forma síncrona (chat) e assíncrona (fórum, e-mail, mural, etc.), submeter trabalhos e realizar testes on-line, realizar trabalhos em grupo de forma colaborativa (*wikis*, workshops), responder questionários, assistir vídeo-aulas, ter acesso a lições com linguagem hipermediática, além de outros recursos, ferramentas e aplicativos didáticos que podem ser posteriormente anexados.

A seguir, serão detalhados os recursos e atividades utilizados na construção do AVEA da Física. Cabe ressaltar que o

Moodle compreende um número maior de ferramentas e possibilidades além das que serão abordadas neste trabalho.

2.1.1 Fórum

A ferramenta “fórum” viabiliza a comunicação assíncrona entre os estudantes e o professor, ampliando as discussões da sala de aula. As discussões fomentadas neste tipo de atividade podem ser visualizadas por todos os participantes para além dos horários presenciais de uso do material e durante um longo período de tempo. Essa ferramenta apresenta customização diversificada, o que permite ao professor optar por diversos tipos de estrutura.

O fórum pode compreender diversos formatos, que variam desde o padrão, onde há a possibilidade de inclusão de tópicos a qualquer momento e por qualquer participante, perguntas e respostas, até o formato limitado, no qual há um limite de postagens por participante.

Ao apresentar os tópicos e postagens de forma encadeada, o fórum suscita a pesquisa e reflexão anteriores às postagens, a clareza na organização e registro das postagens, a pesquisa e o aprofundamento dos conhecimentos abordados nas discussões, implica o exercício da observação, análise, comparação, criação de relações, generalizações, divergências e uma série de elementos fundamentais para a aprendizagem, além de permitir a mediação das discussões pelo professor.

2.1.2 Chat

Na qualidade de ferramenta de comunicação síncrona, o “chat” oferece a possibilidade de comunicação escrita em tempo real entre os estudantes e o professor. O chat pode ser utilizado de forma livre, para que os participantes dialoguem entre si ou como uma atividade agendada e mediada pelo professor para esclarecimentos de dúvidas ou discussão relacionada ao assunto abordado anterior ou posteriormente a ele.

2.1.3 Questionário

O módulo “questionário” permite que sejam elaborados testes nos formatos de: múltipla escolha, verdadeiro ou falso, correspondência, perguntas de respostas curtas ou longas, entre

outros. Ao elaborar os questionários, o professor pode optar por exibir ou não o feedback imediato assim como o acesso imediato aos indicativos de respostas corretas. Este tipo de atividade torna-se interessante quando associada a outras ferramentas do Moodle, como a lição.

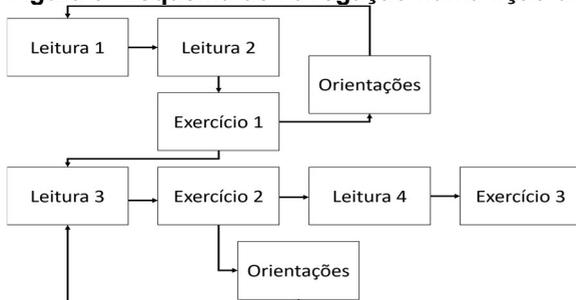
2.1.4 Lição

A apresentação dos conteúdos abordados no AVEA pode ser feita de forma flexível por meio da ferramenta “lição”. De acordo com Lacerda (2013), a lição permite que os conteúdos sejam criados, organizados e apresentados em linguagem hipertextual ou hipermediática. Todavia, além da navegação aleatória e não linear, existe a possibilidade de predefinição da hierarquia de navegação, ou seja, o estudante deve obedecer a pré-requisitos ao longo da navegação pelas páginas.

Lacerda (2013) apresenta um esquema de funcionamento da ferramenta lição (figura 5). Conforme o exemplo utilizado pelo autor, o usuário é introduzido através de um pequeno texto, vídeo ou simulação (leitura 1) e avança para outro conteúdo imagético (leitura 2), de onde segue para um exercício de fixação (exercício 1). Caso a resposta tenha sido correta, o estudante avança para a próxima etapa (leitura 3). Entretanto, caso a resposta tenha sido incorreta, o estudante é direcionado para uma página com orientações para reiniciar o ciclo e responder novamente o exercício 1 com possibilidades maiores de acerto.

A complexidade deste tipo de atividade é maior, e como consequência, demanda mais tempo de planejamento e aplicação quando comparada a outras ferramentas do Moodle.

Figura 5- Esquema de navegação numa lição do Moodle



Fonte: LACERDA, 2013, p. 43.

2.1.5 *wiki*

Dentre as diversas ferramentas oferecidas pelo Moodle, a *wiki* destaca-se pelo seu caráter colaborativo. Para Abegg, Bastos e Muller (2010), o ato de colaborar pressupõe que, ao trabalhar em conjunto, dois ou mais sujeitos trocam ideias e experiências entre si, dialogam e problematizam as situações e como fruto desta interação mútua, novos conhecimentos vêm à tona. Conforme Coll e Monereo (2010),

Em um mundo em que as distâncias são cada vez mais reduzidas, as fronteiras desaparecem e os grandes problemas são compartilhados, cresce a mobilidade das pessoas, aumenta a heterogeneidade das comunidades e torna-se patente a necessidade de trabalhar conjuntamente para resolver problemas comuns. A educação é obrigada a enfrentar essa situação e fala-se em escolas inclusivas (que tentam satisfazer a diversidade de necessidades educacionais de seus alunos), de educação não formal e informal (para aproveitar as oportunidades que a sociedade atual oferece para a educação e formação das pessoas) e de aprendizado colaborativo e cooperativo (com a finalidade de tirar proveito dos conhecimentos e habilidades dos diversos membros de um grupo para satisfazer objetivos comuns). (COLL, MONEREO, 2010, p. 26).

Segundo Abegg, Bastos e Muller (2010), o termo *wiki* é utilizado para denominar um software capaz de armazenar um conjunto de páginas web que quando interligadas estabelecem um hipertexto ou uma hipermídia. Além do mais, a *wiki* permite a edição on-line colaborativa de hipertextos num formato onde as páginas, naturalmente, são vinculadas a outras páginas permitindo uma navegação não linear e constituindo o que os autores acima citados denominam de mídia-hipertextual.

Outro aspecto que caracteriza o espírito colaborativo da *wiki* emerge ao observar que essa ferramenta possibilita o controle de versões. Isto significa que cada colaborador pode revisar e

controlar constantemente as modificações executadas pelos demais participantes ao longo da construção do hipertexto. Esta possibilidade firma o caráter de colaboração ativa dos sujeitos envolvidos.

Por proporcionar a produção de hipertextos de forma colaborativa, participativa e interacionista é que as atividades *wiki* possibilitam o distanciamento dos tradicionalismos no ensino, posicionando o professor como mediador e inserindo os estudantes em situações dialógico-problematizadoras quando os coloca como sujeitos ativos no processo de ensino-aprendizagem.

2.1.6 Glossário

O “glossário” também se apresenta como uma ferramenta colaborativa, pois permite aos participantes do AVEA construir um dicionário com os termos mais complexos, duvidosos e rebuscados utilizados ao longo das demais atividades. Também possibilita que sejam elaborados bancos de dados com documentos, imagens, vídeos e arquivos que possam ser de interesse para a realização das demais atividades.

2.1.7 Página

Este é um recurso simples, pois permite que sejam inseridas páginas de sites externos e que de alguma forma complementam o AVEA.

2.1.8 Tarefa

Esta ferramenta permite que o professor consiga comunicar uma atividade para os estudantes, recolher trabalhos e apresentar feedbacks. Na ferramenta “tarefa”, o estudante é introduzido à atividade por um breve texto, questionamento norteador, vídeos, imagens, entre outros. Como retorno, os estudantes podem anexar arquivos de diversos formatos (planilhas, apresentações, imagens, arquivos de texto, etc.) quando a tarefa for programada para o modo “envio de arquivo único”, assim como dissertar diretamente na tela onde a atividade foi proposta quando no modo “escrita on-line”.

2.1.9 Laboratório de avaliação

A ferramenta “laboratório de avaliação” também pode ser classificada como uma atividade de cunho colaborativa. Nessa ferramenta, o estudante é convidado a dissertar para responder a algum tipo de questionamento feito pelo professor. O estudante poderá apresentar suas respostas por meio da postagem direta na página da atividade ou anexando algum arquivo digital.

Este tipo de atividade permite uma avaliação diferenciada. Através de um formulário de avaliação multicritérios, o professor poderá optar pelas seguintes categorias: autoavaliação, avaliação entre pares, avaliação feita pelo professor e avaliação do professor sobre as avaliações entre os pares.

3. O AMBIENTE VIRTUAL DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Este capítulo apresenta o detalhamento dos processos de construção do Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem junto das atividades nele inseridas.

3.1 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO AVEA

Como a finalidade deste projeto consiste na elaboração e aplicação de um AVEA para o apoio ao ensino presencial, optou-se por explorar boa parte das ferramentas disponibilizadas pelo Moodle para permitir que os estudantes tomassem contato com os elementos fundamentais da teoria da relatividade. Como pano de fundo, elencou-se a necessidade de provocar nos estudantes a percepção de como o conceito de relatividade foi desenvolvido ao longo da evolução científica.

O AVEA foi elaborado com a estrutura de tópicos e conta com cinco tópicos principais: I) Movimento ou repouso; II) As ideias de Galileu Galilei; III) O princípio da relatividade de Galileu; IV) Um problema na Física; V) A teoria da relatividade especial. O sexto tópico carrega apenas um questionário on-line de avaliação do AVEA. A figura 6 ilustra a página inicial e o painel de navegação com os tópicos que compõem o AVEA.

Na seção geral, além da estrutura dos demais tópicos, estão localizados os recursos “fórum de notícias” e “chat de introdução”, ferramentas que foram utilizadas ao longo da

aplicação como meios de comunicação geral, pois não estavam vinculadas a nenhuma atividade específica.

Para facilitar e incentivar a navegação pelo AVEA, a página inicial exibe blocos de acesso rápido para as seguintes funções: “pesquisa nos fóruns”, “últimas notícias”, “próximos eventos” e “atividades recentes”.

Figura 6 - Página inicial do AVEA.

AVEA-Física-IFSC

Construção do conceito de Relatividade

Painel ▶ Relatividade

NAVEGAÇÃO

Painel

- Página inicial do site
- ▶ Páginas do site
- ▼ Curso atual
 - ▼ **Relatividade**
 - ▶ Participantes
 - ▶ Emblemas
 - ▶ Geral
 - ▶ Movimento ou repouso?
 - ▶ As ideias de Galileu Galilei
 - ▶ O princípio da Relatividade de Galileu
 - ▶ Um problema na Física?
 - ▶ A teoria da relatividade especial
 - ▶ Questionário de avaliação do AVEA
 - ▶ Meus cursos

Fórum de notícias

Chat de introdução ao Ambiente virtual de aprendizagem.

Movimento ou repouso?

Observe a imagem abaixo. O que podemos afirmar a respeito da ciclista? Ela está em **repouso** ou **movimento**?

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

3.1.1 Tópico 1: Movimento ou repouso?

Como proposta de introdução ao conceito de relatividade clássica, o tópico 1 procura esclarecer a importância da escolha do referencial para diferenciar o repouso do movimento, assim como provoca uma discussão inicial sobre os referenciais inercial e não-inercial e sobre o conceito de velocidade relativa. A figura 7 ilustra a tela inicial do primeiro tópico.

Figura 7– Tela inicial do tópico 1

Movimento ou repouso?

Observe a imagem abaixo. O que podemos afirmar a respeito da ciclista? Ela está em repouso ou movimento?



Será que é fácil responder a esta questão? Nesta lição vamos buscar responder este questionamento da forma mais completa possível. Antes de iniciarmos, clique e responda o questionário obrigatório abaixo:

◀ ▶

- Como você descreveria o movimento da ciclista na imagem acima?
- Movimento ou repouso?
- Organizando as ideias
- Chat: Dúvidas

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

O primeiro questionário consiste em um levantamento inicial das concepções de movimento e repouso. Nesta atividade, é solicitado que o estudante descreva o estado de movimento de uma ciclista a partir de duas situações na qual a câmera que capturou a imagem poderia estar posicionada: uma em repouso em relação ao solo e outra em repouso em relação à ciclista.

A segunda atividade limita-se a um questionário de respostas curtas onde o estudante é convidado a analisar imagens e, partindo de um referencial definido na pergunta, assinalar se o

objeto em questão encontra-se em repouso ou em movimento. Ambos os questionários foram programados para apresentar feedback de respostas imediatas após a conclusão da atividade pelo estudante. Como conclusão da segunda atividade, os estudantes são convidados a construir suas próprias definições para “movimento” e “repouso” com base em suas respostas anteriores.

Para colaborar com a organização dos conhecimentos, foi introduzida no tópico uma lição denominada: “organizando as ideias”, que recupera as situações abordadas nos questionários anteriores e procura estabelecer algumas definições pertinentes ao tópico por meio de um hipertexto de navegação não linear, conforme ilustrado na figura 8.

Além de textos, a lição conta com exercícios de fixação que procuram, através de exemplos reais, promover uma reflexão sobre os conhecimentos já citados acima. A lição conta com quatro atividades, e algumas são listadas para exemplificar seu teor: 1) Análise e descrição de um vídeo²⁴ no qual uma bola é disparada da carroceria de um automóvel, com velocidade equivalente em módulo e direção à velocidade do automóvel, mas com sentido contrário; 2) Cálculo da velocidade relativa em uma situação de cruzamento de aviões em aerovias. Este tópico ainda inclui um chat de dúvidas para uso específico ao longo das atividades desta seção.

²⁴ www.youtube.com/watch?v=BLuI118nhzc

Figura 8 – Fragmento da primeira lição do tópico 1 evidenciando os botões de navegação

Quando temos corpos movimentando-se com sentidos contrários um em relação ao outro:

A velocidade relativa será dada pela soma das velocidades dos dois móveis.

$V = 60\text{Km/h}$ $V = 60\text{Km/h}$

Neste caso, a velocidade relativa (V_r) será: $V_r = V_1 + V_2$

Calculando, temos: $V_r = 60 + 60 = 120\text{Km/h}$ É como se o carro branco estivesse parado e o carro vermelho estivesse vindo em sua direção com uma velocidade de 120Km/h.

Caso 3: O carro vermelho persegue o carro branco. O primeiro possui velocidade de 70Km/h enquanto o segundo uma velocidade de 50Km/h. Qual será a velocidade do carro vermelho percebida pelo carro branco?

Neste caso a velocidade relativa será dada pela subtração das velocidades dos dois móveis.

$V = 70\text{Km/h}$ $V = 50\text{Km/h}$

Aqui, a velocidade relativa será calculada por: $V_r = V_1 - V_2$

Para o caso, teremos $V_r = 70 - 50 = 20\text{Km/h}$ É como se o carro branco estivesse parado e o carro vermelho estivesse se aproximando com uma velocidade de 20Km/h.

Observe que se caso o carro branco tivesse velocidade maior que o carro vermelho, este não conseguiria alcançá-lo.

Exercício Exercício 2 Exercício 3 → Botões de navegação

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

3.1.2 Tópico 2: As ideias de Galileu

O segundo tópico carrega a estrutura para a realização de uma atividade *wiki*. O referido tópico, ilustrado na figura 9, abarca os recursos: *wiki*, glossário, fórum de dúvidas e links para três trechos selecionados da obra de Galileu: “Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano”²⁵. Estes trechos foram apresentados aos estudantes em uma versão digital, através do *Sway*® da *Microsoft*®, ferramenta que permite a criação de apresentações na web que se adaptam à tela de qualquer dispositivo digital. Os trechos selecionados apresentam os diálogos construídos por Galileu para retratar elementos do seu conceito de relatividade.

Figura 9 – Tela inicial do tópico 2



Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

²⁵ GALILEI, op. cit., p. 224 – 227. Ibid., p. 236 – 237. Ibid., p. 328 – 329.

Como introdução à *wiki*, os estudantes são convidados a realizar a leitura de trechos selecionados da obra de Galileu, e, após a leitura, a construir a *wiki*. Sua finalidade baseia-se na discussão sobre a vida e o contexto histórico de Galileu, assim como as ideias e experiências relatadas por ele ao longo das leituras sugeridas.

Como orientação para a realização da atividade, é aconselhado que os estudantes respondam, durante a construção colaborativa, aos seguintes questionamentos norteadores:

1. Qual foi o principal objetivo de Galileu ao propor a experiência da bola solta do alto do mastro do navio?
2. Há diferença no fenômeno, caso o navio esteja em repouso ou em movimento em relação à praia?
3. O que Galileu pretendia ao relacionar o movimento do navio com o movimento do planeta Terra?
4. O que acontece com os fenômenos físicos quando observados de dentro do navio sem que se possa "olhar para fora"?
5. Há diferença caso o navio não esteja movimentando-se com velocidade constante, ou seja, acelerado?
6. Qual é a diferença entre um referencial inercial de um referencial não inercial?

Antes de aplicar a atividade, optou-se pela divisão da turma em grupos menores. Na conclusão da atividade, cada grupo deve apresentar uma página *wiki* com hyperlinks, vídeos, animações, textos, citações e demais ferramentas que a linguagem HTML permite incorporar.

Caso o professor opte por subdividir o grupo de alunos, um fator que pode ser interessante para a atividade consiste nas permissões de acesso que os pequenos grupos têm para visualizar as páginas *wiki* dos demais grupos. Ao mesmo tempo que os membros de um mesmo grupo podem visualizar e editar sua respectiva *wiki*, ou seja, participar de forma ativa na construção da sua página, também têm a permissão de observar passivamente o andamento da construção da página *wiki* referente a outro grupo.

Tendo em vista que as leituras indicadas possuem vocabulário complexo, o tópico conta com um glossário, onde os estudantes são incentivados a pesquisar e construir de forma colaborativa um dicionário com os termos, expressões e ideias

mais rebuscadas que surgem ao longo da leitura. O tópico também conta com um fórum específico, para que os estudantes possam comunicar-se e debater ideias ao longo da elaboração da *wiki*.

3.1.3 Tópico 3: O princípio da relatividade de Galileu

O objetivo deste tópico consiste em construir uma discussão que, a partir de situações idealizadas e experimentações mentais, conduza à ideia fundamental do princípio da relatividade de Galileu. O tópico pretende mostrar que o princípio da relatividade galileana surge como consequência da descrição de um mesmo fenômeno físico a partir de referenciais inerciais diferentes e expor suas limitações de validade.

O tópico é composto por dois questionários com respostas dissertativas e duas lições, conforme ilustrado na figura 10. As lições possuem estrutura complexa, na qual são utilizados recursos como vídeos, simuladores computacionais²⁶, fórum, questionários de resposta discursiva, diagramas de forças, entre outros recursos, de forma a produzir um material hipermédia.

Como atividade introdutória, os estudantes são convidados a refletir sobre uma situação idealizada, na qual descreve-se um cenário e algumas ações que ali acontecem. A partir disso, os estudantes são provocados a responder alguns questionamentos. Neste caso o cenário descrito é um vagão de trem, de cujo teto cai um pêndulo. Este vagão encontra-se inicialmente em repouso em relação ao solo, e para analisar o pêndulo são posicionados observadores no seu interior e exterior. Ao descrever a cena, os alunos são instados a confirmar se ambos os observadores concordam que o pêndulo se encontra em repouso. Depois da cena descrita, os estudantes são convidados a modificar a situação inicial colocando o vagão para movimentar-se com velocidade constante. Para nortear a dissertação, são efetuadas algumas questões:

1. Os observadores enxergam a mesma coisa?
2. O barbante que segura a esfera apresentará alguma inclinação?

²⁶www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/transfdegalileu.swf;
www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/tremdeGalileu.swf

3. Quem consegue descrever o que acontece com o pêndulo de forma mais correta?
4. Existe um referencial privilegiado para a descrição do movimento do pêndulo?
5. Existe um referencial que facilite a descrição do fenômeno que está acontecendo?

Figura 10 – Tela inicial do tópico 3

O princípio da Relatividade de Galileu



Neste tópico vamos discutir como podemos relacionar referenciais inerciais diferentes para descrever o mesmo fenômeno físico. O princípio da relatividade de Galileu surgirá como uma consequência disto.

Você deve clicar apenas nos tópicos enumerados. As atividades não enumeradas serão realizadas ao longo das atividades propostas através de links

-  1-Tarefa
-  2- As transformações de Galileu
-  3- Leitura de um trecho do texto original de Galileu Galilei
-  4- E para os casos onde os referenciais são acelerados?

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Esta atividade busca provocar uma reflexão inicial sobre a descrição de um mesmo fenômeno físico a partir de referenciais inerciais diferentes.

Em sequência, o tópico apresenta uma lição intitulada: “As transformações de Galileu”. Nesta lição, faz-se uso de textos escritos em linguagem adequada para a idade dos estudantes, vídeos gravados especialmente para a atividade, simulações computacionais, experimentos mentais, fórum de discussão, entre outras ferramentas. A discussão baseia-se inicialmente em um vídeo²⁷, gravado pelo professor/pesquisador, que mostra um pêndulo dentro de um avião durante momentos diferentes do voo (repouso no solo, decolagem, voo em velocidade de cruzeiro e aterrissagem). Dando continuidade, os estudantes são convidados a analisar o vídeo, seguindo alguns questionamentos norteadores:

1. O pêndulo sempre se comportou da mesma forma?
2. Havia algum tipo de padrão no comportamento do pêndulo?
3. A velocidade do avião influencia o comportamento do pêndulo?
4. Durante a decolagem e a aterrissagem o pêndulo inclinou-se para o mesmo lado?
5. Em quais momentos o avião apresentou velocidade constante? Há como perceber isso?

Como sequência da lição, é proposto um fórum de discussão pautado na execução de um experimento mental, conforme ilustrado na figura 11. Este experimento busca promover uma discussão entre os estudantes e o professor que aborde a impossibilidade de detecção de um movimento uniforme quando observadores e objetos observados compartilham o mesmo movimento.

²⁷ www.youtube.com/watch?v=7IWwzHNUjjs

Figura 11 – Primeiro fórum de discussão do tópico 3

Primeiro experimento mental

Imagine que você e um amigo estejam fechados dentro da carroceria de um caminhão baú. As paredes da carroceria não permitem a passagem do som e da luz provenientes do exterior. O caminhão viaja com velocidade constante e igual a 20 m/s em uma estrada horizontal, retilínea e lisa, sem buracos nem ladeiras.

Existe uma forma de provar ao seu amigo que vocês estão em movimento? Como? Proponha um experimento que possa ser realizado e analise se sua proposta é viável ou não.

Compartilhe as respostas com seus colegas através deste fórum e aproveite para discutir as propostas feitas por eles. A sua participação nas discussões será avaliada, portanto, participe!

Grupos visíveis ▼

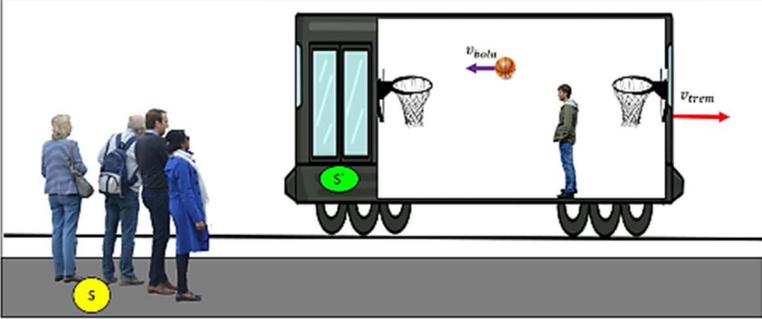
Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Como continuidade da lição, apresenta-se uma discussão que procura conduzir os estudantes para a formalização matemática das transformações de Galileu. À medida em que a discussão é aprofundada, a lição apresenta mais um fórum de discussão intitulado “Segundo experimento mental”, conforme ilustrado na figura 12. Este fórum, também pautado em uma situação hipotética, procura produzir a reflexão e o debate entre os estudantes e professor à medida em que os questionamentos norteadores são respondidos.

Figura 12 – Segundo fórum de discussão do tópico 3

Segundo experimento mental

Imagine a seguinte situação: Foram instaladas tabelas de basquete nas paredes laterais do vagão do trem. Você está no interior do vagão arremessando a bola. Neste experimento, vamos desprezar as forças de resistência do ar.



Observadores em repouso em relação a S conseguem ver tudo o que acontece dentro do vagão.

- O trem se desloca com $v_{trem} = 40\text{m/s}$ para a direita;
- A bola é arremessada com $v_{bola} = 5\text{m/s}$ para a esquerda;
- Tanto o trem quanto a bola possuem velocidades constantes.

- 1) Qual é a velocidade da bola que uma das pessoas que está fora do trem consegue medir?
- 2) Qual é a velocidade da bola para você que está em repouso em relação a S?
- 3) É mais fácil jogar a bola na cesta da esquerda ou na da direita?
- 4) Se jogamos a bola para cima, onde ela cairá?

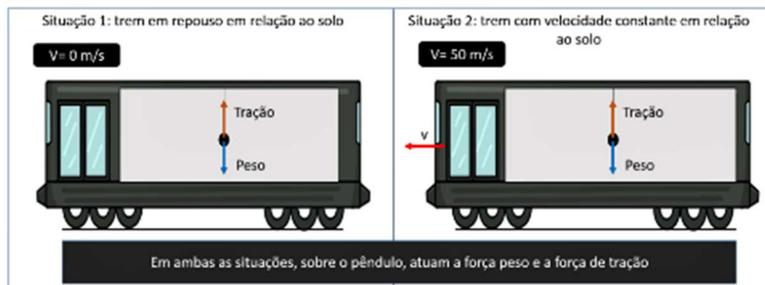
Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Como conclusão da atividade, faz-se a retomada dos principais pontos abordados ao longo da lição e, por meio da comparação de diagramas de forças entre duas situações, ilustrado na figura 13, apresentam-se aspectos importantes da relatividade galileiana como: 1) A equivalência conceitual entre repouso e movimento uniforme para referenciais inerciais; 2) A validade das leis da mecânica clássica em qualquer referencial inercial; e 3) A impossibilidade de detecção do movimento uniforme em qualquer referencial inercial.

Figura 13 – Recorte da lição que apresenta a comparação entre o diagrama de forças que atuam no pêndulo para o trem parado e para o trem em movimento uniforme

1º) Trem em repouso em relação ao solo (velocidade constante e igual a 0 m/s);

2º) Trem movimentando-se com velocidade de 50 m/s em relação ao solo.



A força resultante é dada pela soma de todas as forças que atuam sobre o pêndulo.

Para a primeira situação, a força resultante é nula, pois ($F_r = \text{Tração} - \text{Peso}$) e neste caso ($F_r = \text{nula}$).

Para a segunda situação acontece o mesmo! ($F_r = \text{Tração} - \text{Peso}$) e também neste caso ($F_r = \text{nula}$).

Conclusão: partir de referenciais que se movimentam com velocidade constante, observadores se conseguem medir a MESMA força resultante que atua num mesmo evento.

Este resultado é importante pois mostra que não importa o valor da velocidade que o trem viaja, se ela for constante, não conseguiremos realizar qualquer experimento (desde que não olhemos para fora do trem) que permita perceber se o trem está em repouso ou em movimento uniforme. Observamos este efeito no vídeo do topo desta lição (volte e veja novamente se for necessário).

Nestas situações, observadores posicionados tanto em S quanto em S' observam o mesmo valor para a aceleração do pêndulo, ou seja: ($a = a'$) (que neste caso é nula pois seu movimento é constante).

Detalhe: qualquer referencial que movimenta-se com velocidade constante em relação a um segundo referencial será designado de INERCIAL. Esta classe de referenciais é importante pois neles as leis de Newton são perfeitamente válidas e aplicáveis.

Podemos ir mais além deste resultado e postular que a segunda lei de Newton é covariante a partir de transformações de Galileu. O termo covariante pode causar certa confusão, mas neste caso o que ele indica é que a equação da segunda lei de Newton é escrita com os mesmos termos matemáticos independentemente do referencial inercial onde é aplicada.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Para reforçar as constatações realizadas na lição descrita acima, o tópico traz, na sequência, um questionário de respostas discursivas. Nesta atividade, os estudantes são convidados a ler mais um extrato do Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano²⁸ e, a partir da argumentação de

²⁸ GALILEI, op. cit., p. 267 – 269.

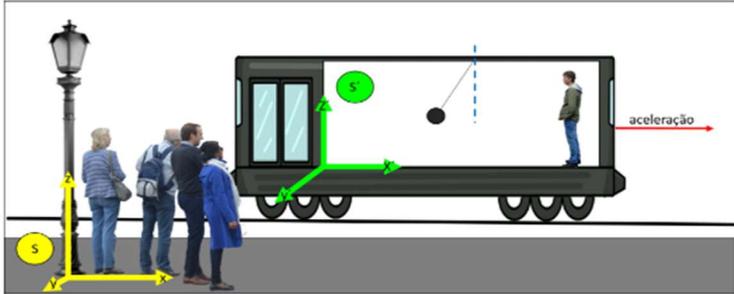
Galileu, dissertar sobre a dificuldade que observadores no planeta têm para detectar o movimento da Terra. Ao término, os estudantes são convidados a participar de uma lição que busca chamar a atenção para os limites da mecânica clássica. A lição, que novamente apresenta o caráter de hipermídia, é intitulada: “E para os casos onde os referenciais são acelerados?”. Nela, retoma-se o caso do avião, agora em um vídeo²⁹, limitado para os momentos de decolagem e aterrissagem, onde é perceptível a inclinação do pêndulo em virtude da aceleração do avião.

Dando prosseguimento, os estudantes são chamados a refletir sobre possíveis semelhanças e diferenças que observadores posicionados dentro e fora de um vagão de trem acelerado podem observar ao descrever o que acontece com o pêndulo, conforme apresentado na figura 14.

Figura 14 - Recorte da lição que introduz a análise da dinâmica do pêndulo a partir de um referencial não inercial

Caso do pêndulo no vagão acelerado

Para começarmos a entender melhor o comportamento do pêndulo, neste caso, vamos analisar possíveis diferenças que observadores posicionados dentro e fora do vagão poderiam presenciar:



O diagrama ilustra um trem em movimento acelerado para a direita, indicado por uma seta vermelha rotulada 'aceleração'. Um pêndulo está suspenso no interior do vagão. Um observador está dentro do vagão, e outro está fora, ao lado de um poste de iluminação. Dois referenciais são marcados: S (estacionário) e S' (em movimento com o trem). Linhas verdes indicam a direção da aceleração e a posição dos observadores.

Para refletir:

- Como o observador posicionado em S' percebe o pêndulo? Ele está em repouso ou em movimento em relação ao pêndulo?
- Como o observador posicionado em S percebe o pêndulo? Ele está em repouso ou em movimento em relação ao pêndulo?
- Há alguma diferença?

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

²⁹ www.youtube.com/watch?v=zUb3Qhy-rjQ

Como complemento, os estudantes devem construir um diagrama de forças para analisar e justificar a inclinação do pêndulo a partir dos referenciais interno e externo.

Para concluir a lição, dedica-se uma página para justificar, o uso de forças inerciais pelos observadores que viajam junto do trem para descrever a inclinação do pêndulo, contrariamente aos observadores externos que não necessitam tal estratégia para justificar o movimento o fenômeno. O tópico conta ainda com um fórum de discussão.

Em linhas gerais, espera-se que ao longo deste tópico os estudantes consigam situar-se historicamente e contextualmente ao trabalho de Galileu Galilei e compreender sua contribuição para a ciência moderna ao anunciar a inexistência de referenciais absolutos, pressupondo uma teoria da relatividade, ao passo que consigam perceber as limitações da teoria clássica, elemento fundamental para justificar a necessidade de uma nova teoria.

3.1.4 Tópico 4: *Um problema na Física?*

O tópico quatro busca problematizar o dilema enfrentado pelos físicos no final do século XVIII e início do século XIX no qual figuram as descobertas do eletromagnetismo e as reminiscências da Física clássica. Este tópico, que conta com três recursos, conforme ilustrado na figura 15, apresenta discussões em torno do “éter luminífero” e das soluções encontradas para as inconsistências entre a mecânica e o eletromagnetismo.

Como primeira atividade, o tópico apresenta uma lição com formato hipermédia, na qual é feita a problematização sobre a medição da velocidade da luz a partir de diferentes referenciais inerciais. A lição inicia apresentando comentários sobre os principais conjuntos teóricos presentes na Física no início do século XIX.

Retoma-se a situação do trem, agora adaptada para discutir a medida da velocidade da luz feita por observadores internos e externos ao trem. Os estudantes são induzidos a utilizar as transformações de Galileu quando questionados sobre a velocidade de um feixe de luz, emitido dentro do trem que se desloca com velocidade constante, medida por observadores posicionados fora do vagão. Em seguida, são convidados a assistir

um vídeo³⁰ que apresenta a problemática do “éter luminífero”, sua indetecção através dos experimentos de Michelson e Morley e as inconsistências entre a mecânica e o eletromagnetismo.

Figura 15– Tela inicial do tópico 4

Um problema na Física?



1- Problema? Que problema?

2- Laboratório de avaliação

- Qual é a função do Éter para os defensores da teoria ondulatória da luz?
- A quais conclusões os físicos chegaram a partir do experimento de Michelson e Morley?
- Essas conclusões estão de acordo com o princípio da relatividade de Galileu?

Leitura extra

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

As demais páginas da lição objetivam conduzir o estudante por uma discussão sobre a contra-intuitiva invariância da velocidade da luz e a solução apresentada por Albert Einstein.

Como sequência do tópico, os estudantes são convidados a participar de um laboratório de avaliação. Nesta atividade, propõe-se a redação de um texto guiado pelos seguintes questionamentos:

³⁰ www.youtube.com/watch?v=UKaoTOoDzpU

1. Qual é a função do éter para os defensores da teoria ondulatória da luz?
2. A quais conclusões os físicos chegaram a partir do experimento de Michelson e Morley?
3. Essas conclusões estão de acordo com o princípio da relatividade de Galileu?

A avaliação acontece através de critérios pré-definidos e em duas etapas. A primeira por um colega automaticamente sorteado pelo Moodle e a segunda pelo professor da disciplina.

Como indicação de leitura, o tópico conta ainda com um link “leitura extra” no qual é sugerida a leitura do texto: “Terminando o começo com os grandes Huygens e Maxwell”³¹. Esta sugestão embasa o princípio de pesquisa para a construção textual da atividade anterior.

3.1.5 Tópico 5: A teoria da relatividade especial

O tópico cinco procura problematizar a possibilidade de objetos deslocarem-se com velocidades maiores do que a velocidade da luz e introduz os estudantes a elementos básicos da relatividade especial. O tópico é composto por quatro recursos, sendo um fórum de discussão geral e três lições. A tela inicial deste tópico está ilustrada na figura 16..

³¹ DAMASIO, F; RICCI, T.F. Textos de apoio ao ensino de Física: Relatividade de Einstein em uma abordagem histórico-fenomenológica. Porto Alegre, UFRGS, 2009, 49p.

Figura 16 – Tela inicial do tópico 5

A teoria da relatividade especial



A black and white portrait of Albert Einstein, showing him from the chest up, looking slightly to the right. He has his characteristic wild hair and a mustache. The background is dark and textured.

- 1- Um problema inicial sobre a velocidade da luz
- 2- Os postulados de uma nova teoria
- 3- As consequências dos postulados de Einstein - O TEMPO
- 4- As consequências dos postulados de Einstein - OS COMPRIMENTOS

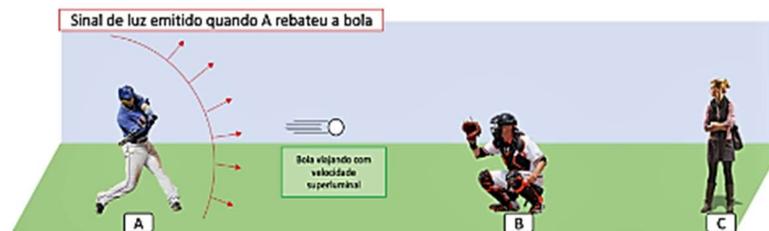
Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Como passo inicial, os estudantes são convidados a participar de um fórum de discussão cuja introdução retoma os limites e validades da mecânica clássica.

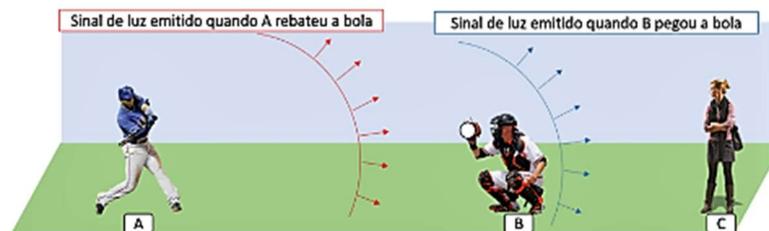
Ao indagar a possibilidade de objetos deslocarem-se com velocidades maiores do que a velocidade da luz, por meio de um experimento mental ilustrado na figura 17, procura-se evidenciar uma lacuna não preenchida pela teoria clássica ao não prever uma velocidade limite para os fenômenos físicos. Busca-se que, com esta reflexão, os estudantes discutam no fórum proposto as incoerências que aconteceriam caso a velocidade da luz não fosse um fator limitante na Física. Busca-se também que percebam a exigência de uma nova teoria naquele contexto, no caso, a teoria da relatividade restrita.

Figura 17– Experimento mental: objeto com velocidade “superluminal”

Em um treino, o jogador A rebate a bola arremessada por B, enquanto um observador C está assistindo. Nesta situação hipotética, o rebatedor consegue lançar a bola com uma velocidade superluminal, ou seja, mais rápida que a luz. Observe:



O sinal de luz carrega a informação de que a bola foi rebatida, caso contrário, não conseguiríamos enxergar que a bola foi rebatida. Perceba que a bola está na frente do sinal de luz pois ela está com uma velocidade superluminal. Observe a continuidade dos fatos:



Um segundo sinal de luz é emitido quando o jogador B captura a bola. Perceba que B pegou a bola antes mesmo do sinal de luz chegar até ele. Isso já não é estranho? Mas vamos avançar.

Pergunta: O que o observador C enxergará primeiro? O sinal proveniente da rebatida ou o sinal proveniente da captura da bola? Por que isto é esquisito? Discuta com seus colegas quais as interpretações desta situação e quais as consequências para a física caso conseguíssemos viajar com velocidades maiores do que a da luz.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

A lição subsequente, “Os postulados de uma nova teoria”, carrega uma discussão sobre os limites que a mecânica clássica apresentou no final do século XIX e início do século XX, e como essas limitações conduziram à teoria da relatividade restrita. Nesta

lição são apresentados os postulados atribuídos a Albert Einstein e que revolucionaram alguns paradigmas da Física. Esta, em particular, apresenta apenas um texto em hipermídia, sem atividades implícitas como as lições anteriores.

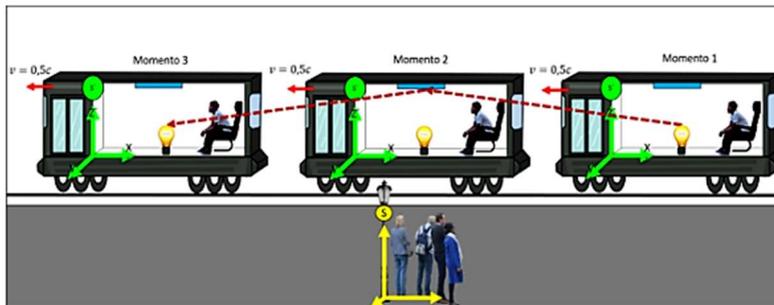
Os dois últimos recursos conduzem os estudantes a lições cujo principal objetivo é construir, através de argumentação geométrica, um diálogo que demonstre duas consequências importantes quando os postulados de Einstein são postos em prática: a dilatação temporal e a contração espacial.

Na lição “As consequências dos postulados de Einstein - O tempo”, os estudantes são envolvidos em um diálogo participativo, no qual atuam fornecendo respostas aos questionamentos que aparecem ao longo da navegação. A discussão é baseada na observação de um “relógio de luz” por observadores posicionados dentro e fora de um vagão de trem que se locomove com uma velocidade próxima à da luz. A figura 18 ilustra um recorte da discussão que utiliza argumentos geométricos para embasar o diálogo. O principal objetivo da discussão gira em torno da comparação entre a duração do intervalo de tempo que um feixe de luz leva para subir, ser refletido por um espelho e voltar para a fonte emissora inicial, a partir de referenciais inerciais localizados dentro e fora do vagão no qual o relógio viaja.

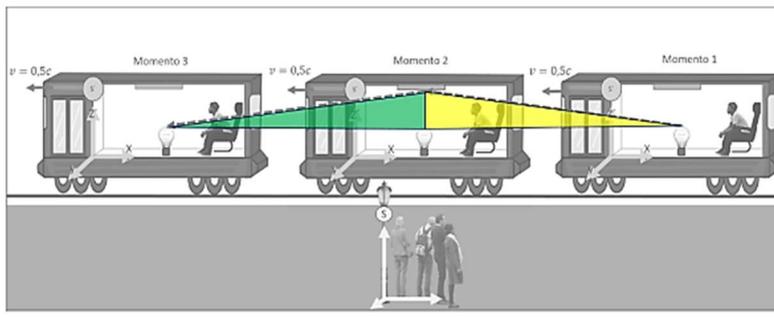
Figura 18 – Trecho da discussão utilizando argumentos geométricos

A partir do lado de fora do trem

Em S' , o observador observa uma trajetória vertical. Já os observadores posicionado em S observam o seguinte:



Note que enquanto o observador posicionado em S' observava que o feixe de luz apenas subia e descia ao ser refletido pelo espelho, os observadores posicionados em S percebem o feixe descrevendo suas trajetórias como as "hipotenusas" de dois triângulos retângulos.



Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Ao longo da discussão, são definidos os termos: “comprimento próprio” e “tempo próprio”, elementos essenciais para o pleno entendimento da teoria da relatividade restrita. A transformação de Lorentz para o tempo foi demonstrada por meio da argumentação geométrica e de cálculos algébricos.

Ao final da discussão sobre o tempo, os estudantes são convidados a interpretar o resultado obtido por Lorentz e aplicá-lo em uma situação problema. Após a aplicação, são feitas comparações entre os resultados obtidos pelos estudantes. Neste ponto é definido o termo “dilatação temporal”. Para complementar

a discussão, os estudantes são convidados a assistir um vídeo³² que apresenta uma reflexão sobre o “paradoxo” dos gêmeos.

Como conclusão, a lição direciona os estudantes para uma atividade onde propõe-se a aplicação direta da transformada de Lorentz para o tempo. Nesta atividade os estudantes são convidados a variar a velocidade do trem no qual o “relógio de luz” viaja, com o objetivo de, através de suas constatações, perceber em quais situações a dilatação temporal será significativa e em quais poderá ser desprezada. Desta forma, busca-se enfatizar o grau de aplicabilidade de uma teoria.

O último recurso do tópico, intitulado: “As consequências dos postulados de Einstein – Os comprimentos” direciona os estudantes para uma lição final, cujo principal objetivo é apresentar o conceito da contração espacial.

Por meio de uma discussão sobre uma medida de distância entre dois pontos, o local do vagão e a estação onde deve chegar, efetuada por observadores posicionados em referenciais inerciais diferentes, é feita a recapitulação de argumentos e conceitos abordados até então no AVEA. Esta retomada é interessante pois contribui com o estabelecimento de significados dos conceitos anteriormente abordados e auxilia na fundamentação de mais uma quebra de paradigma na Física, onde o espaço absoluto torna-se uma grandeza relativa. A figura 19 ilustra um recorte da discussão.

³²www.youtube.com/watch?v=azt7n_wjdDQ

Figura 19 – Recorte da discussão sobre a contração espacial

Nosso vagão de trem está viajando com uma velocidade igual a 50% da velocidade da luz ($0,5c$). O passageiro, avista uma placa na lateral do trilho indicando que a estação ferroviária encontra-se a uma distância de 4.000.000.000,0 metros de distância daquele ponto. Ou seja:

Vamos chamar de "L" a distância da placa até a estação. A medida desta distância foi feita por observadores posicionados em S. Estes observadores dispõem de todo o tempo do mundo para realizar esta medida, pois nem a placa, nem a estação saíram do lugar.

Como tanto a estação quanto a placa estão em repouso em relação a S, diremos que "L" será a distância própria.

Fonte: AVEA da unidade curricular elaborado pelo autor (2016).

Na discussão, são calculados os intervalos de tempo para o vagão percorrer determinada distância medido por ambos os observadores. Conhecida a velocidade do trem, são comparadas as distâncias que cada observador constata. A partir da contradição verificada, é introduzido o conceito de contração espacial.

Ao longo da lição o estudante também tem acesso a uma página na qual é apresentada a discrepância na população de múons que atingem a superfície da Terra, uma evidência

experimental da teoria da relatividade. A página sobre os múons é baseada na discussão de Knight (2009, p. 1159) e Nitta, Yamamoto e Takatsu (2011, p. 108).).

4. REFERÊNCIAS

ABEGG, Ilse; BASTOS, Fábio da Purificação de; MÜLLER, Felipe Martins. Ensino-aprendizagem colaborativo mediado pelo *wiki* do Moodle. **Educar em revista**, Curitiba, n. 38, p. 205-218. 2010. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/educar/article/download/13129/13530>>. Acesso em 17 Jan. 2016.

COLL, César; MONEREO, Carles. Educação e aprendizagem no Século XXI: Novas ferramentas, novos cenários, novas finalidades. In: COLL, César; MONEREO, Carles. **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e comunicação**. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 1. p. 15-47. Tradução de: Naila Freitas.

FIGUEIRA, Álvaro; FIGUEIRA, Carmen; SANTOS, Hugo. **Moodle: Criação e Gestão de cursos on-line**. 2. ed. Lisboa: FCA, 2009. 259 p.

GALILEI, Galileu. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. São Paulo: Editora 34, 2011. 887 p. Tradução de: Pablo Rubén Marioconda.

LACERDA, Andresson Lopes. **Contribuições do design instrucional ao ensino presencial de Física apoiado por ambiente virtual de aprendizagem**. 2013. 244p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107319/320467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 22 Fev. 2016

SILVA, Robson Santos, da. **MOODLE 2 para autores e tutores**. 3 ed. São Paulo: Novatec, 2013. 168 p.