

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS – PPGE**

Izabelly Karine da Silva

**MUDANÇAS NA NOÇÃO DE TEMPO RELATIVÍSTICO EM  
LICENCIANDOS DE FÍSICA, ATRAVÉS DE UMA INTERVENÇÃO  
BASEADA NA TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS**

Recife

2015

Izabelly Karine da Silva

**MUDANÇAS NA NOÇÃO DE TEMPO RELATIVÍSTICO EM  
LICENCIANDOS DE FÍSICA, ATRAVÉS DE UMA INTERVENÇÃO  
BASEADA NA TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos

Recife  
2015

IZABELLY KARINE DA SILVA

**MUDANÇAS NA NOÇÃO DE TEMPO RELATIVÍSTICO EM  
LICENCIANDOS DE FÍSICA, ATRAVÉS DE UMA INTERVENÇÃO  
BASEADA NA TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Aprovada em 31 de julho de 2015

BANCA EXAMINADORA:

Presidente: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos - UAG/UFRPE

1º Examinador: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro Moita - UEPB

2º Examinador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda - UAEADTec/UFRPE

3º Examinador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Alexandre Cardoso Tenório – UFRPE

Dedico este estudo a minha família e a meu noivo que tanto me apoiaram durante o mestrado.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter tornado esse sonho em realidade e por ter me capacitado durante todo o percurso do mestrado. Dando-me força, graça, confiança e coragem para enfrentar e vencer as barreiras que surgiram. A Ele a glória e a honra.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e encorajaram durante esse mestrado. Sem contar a paciência e compreensão que tiveram durante todo esse processo.

À minha irmã, que me ajudou durante a construção da análise dos dados e sempre me apoiou, orou e torceu por mim.

Ao meu noivo, por toda paciência e empenho em me ajudar durante esse processo e por ter me impulsionado a avançar em mais essa fase.

À minha avó, Eurides Barreto da Silva (*in memoriam*), que me ensinou a persistir e lutar pelos meus sonhos. Com ela aprendi a olhar para as dificuldades e seguir em frente ao olhar para o futuro que estava por vir.

Ao meu Bispo Paulo Filho, Bispo Paulo, Bispa Aurinete, Pastora Ana Flávia e demais pastores, que estiveram me apoiando, impulsionando e intercedendo para que tudo corresse bem durante este mestrado.

Aos meus familiares, que sempre acreditaram em mim, oraram e torceram para que eu alcançasse mais essa vitória.

A minha orientadora Heloisa Bastos, que me apoiou, orientou, acalmou, acolheu e tornou este sonho e sua conclusão possíveis. Sem contar que me proporcionou um aprendizado que levarei por toda a vida.

À banca examinadora, por toda contribuição, compreensão e ajuda durante esse processo.

A Ana Paula Bruno por toda ajuda, conselho, torcida, apoio, companheirismo, amizade, cooperação e contribuição durante toda a construção deste trabalho. Sem contar no grande aprendizado que me proporcionou nas áreas acadêmica, profissional e pessoal.

Aos meus professores, que contribuíram para a evolução do meu conhecimento científico e enriqueceram a minha concepção sobre o processo de ensino aprendizagem.

Aos funcionários, que sempre nos acolheram e ajudaram durante todo o mestrado.

Aos meus amigos do curso de Mestrado em Ensino das Ciências, que foram companheiros, incentivadores, torcedores durante este curso e na vida. Vocês são uma verdadeira família.

Às minhas líderes, Elaine, Tainá e Gisella, que tanto acreditaram e confiaram em mim, dando-me apoio espiritual e emocional durante todo este processo. E sem contar que Tainá me ajudou durante a construção desta dissertação.

A minha REDE Kletos, que tanto torceu, orou, compreendeu a minha ausência e teve paciência ao longo dessa fase final da dissertação. Louvo a Deus pela vida de vocês e muito obrigada por todo amor e carinho.

À REDE Ágape, que sempre esteve presente em minha vida, dando apoio e torcendo por mim em todos os momentos.

A minha amiga irmã, Marry, que sempre esteve torcendo, apoiando, orando, ouvindo, sorrindo e chorando comigo durante todo esse curso.

Aos meus amigos, que sempre trouxeram alegria, afago, carinho e muito amor para me dar forças ao longo desta caminhada.

Para todas as realizações há um momento certo; existe sempre um tempo apropriado para todo o propósito debaixo do céu.

Eclesiástes 3:1

“Tenha em mente que tudo que você aprende na escola é trabalho de muitas gerações. Receba essa herança, honre-a, acrescente a ela e, um dia, fielmente, deposite-a nas mãos de seus filhos.”

Albert Einstein

## RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo analisar as mudanças na noção de tempo relativístico, e os aspectos relativos ao ensino dessa noção no Ensino Fundamental, que futuros professores de Física passam a destacar, após vivenciarem uma intervenção baseada na Teoria dos Construtos Pessoais de Kelly. Por tratarmos de um assunto complexo, a Teoria da Relatividade, muitas vezes não conseguimos compreendê-lo durante o nosso processo formativo, o que acarreta dificuldades futuras a nossa prática docente. Através do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), e de uma oficina sobre a Teoria da Relatividade, licenciandos em Física refletiram sobre a repercussão dessa vivência em suas concepções sobre a noção de tempo relativístico, e dialogaram sobre alguns aspectos relativos ao ensino dessa noção no Ensino Fundamental. Os resultados obtidos indicam que, apesar das mudanças que iam ocorrendo na concepção dos alunos, nem todos conseguiram diferenciar a noção de tempo absoluto da de tempo relativístico. Verificamos que após a vivência da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo, eles perceberam que poderiam começar a ensinar a noção de tempo relativístico a alunos do Ensino Fundamental, sem mencionar que tratavam da Teoria da Relatividade para evitar bloqueios psicológicos. Porém, apresentaram dificuldades para perceber os aspectos relativos ao ensino dessa noção.

**Palavras-chaves:** Teoria da Relatividade. Ciclo da Experiência de Kelly. Universidade Aberta do Brasil. Noção de tempo relativístico. Processo de ensino aprendizagem.

## ABSTRACT

The objective of this dissertation is to analyze the changes in the notion of relativistic time, and the aspects relative to teaching of this notion at middle school, that future Physics teachers start to highlight, after experiencing an intervention based on Kelly's Personal Construct Theory. Since we deal with a complex subject, The Theory of Relativity, many times we cannot comprehend it during our formative process, what implies in future difficulties for our teaching practice. Through Kellyan Experience Cycle (KEC) and a workshop about The Theory of Relativity, future Physics teachers reflected about the repercussion of this experience on their conceptions about the notion of relativistic time, and talked about some aspects related to the teaching of this notion at middle school. The results indicate that, despite the changes that occurred at students' conceptions, not all of them could differentiate the notion of absolute time from that of relativistic time. We verified that, after the experience of the workshop about the kinematics of space-time, they realized that they could start to teach the notion of relativistic time to middle school students, without mentioning that they were dealing with the Theory of Relativity, to avoid psychological blockade. However, they presented difficulties to notice the aspects related to the teaching of that notion.

**Keywords:** Theory of Relativity. Kelly's Experience Cycle. Open University of Brasil. Notion of relativistic time. Teaching learning process.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo da Experiência.....	26
Figura 2 – Exemplo sobre Simultaneidade.....	67
Figura 3 – Esquema da montagem do sistema de referência na horizontal.....	68
Figura 4 – Sistema de Referência do Espaço-Tempo.....	70
Figura 5 – Esquema de Propagação de uma onda eletromagnética na Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo.....	73
Figura 6 – Montagem da Nave Espacial.....	77

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Corolários da Teoria de George Kelly.....	23
Quadro 2 – Estágios de Desenvolvimento da Criança.....	43
Quadro 3 – Caracterização dos Sujeitos da Pesquisa.....	50
Quadro 4 – Relações para Análise dos Dados.....	52
Quadro 5 – Passo a Passo dos Procedimentos Metodológicos.....	53
Quadro 6 – Categorização das respostas à Questão 1, do Questionário 1 .....	58
Quadro 7 – Categorização das respostas à Questão 2, do Questionário 1.....	61
Quadro 8 – Categorização das respostas à Questão 3, do Questionário 1.....	64
Quadro 9 – Categorização das respostas à Questão 1, do Questionário 2.....	80
Quadro 10 – Categorização das respostas à Questão 2, do Questionário 2.....	82
Quadro 11 – Categorização das respostas à Questão 3, do Questionário 2.....	85
Quadro 12 – Comparação entre a Noção de Tempo antes e depois da Vivência da Oficina.....	88
Quadro 13 – Questionamento do aluno B4 no Fórum Tira-Dúvidas.....	106
Quadro 14 – Compartilhamento de um vídeo sobre Física Moderna.....	108
Quadro 15 – Resposta do aluno A5 à sugestão do aluno A1.....	109
Quadro 16 – Resposta do aluno A1.....	110
Quadro 17 – Resposta do aluno A3.....	111
Quadro 18 – Participação do aluno B1.....	112
Quadro 19 – Resposta da aluna B3.....	112
Quadro 20 – Mensagem da Pesquisadora.....	114
Quadro 21 – Interação do aluno A3.....	114
Quadro 22 – Interação do aluno A5.....	115
Quadro 23 – Interação da aluna B3.....	115

## **LISTA DE SIGLAS**

TCP – Teoria dos Construtos Pessoais

CEK – Ciclo da Experiência de Kelly

EAD – Educação a Distância

UAB – Universidade Aberta do Brasil

PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências

IUB – Instituto Universal Brasileiro

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

UFMT – Universidade Federal do Mato Grosso

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

EJA – Educação de Jovens e Adultos

GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>19</b>
2.1 A TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS DE GEORGE KELLY.....	20
2.2 A EAD E A UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL.....	28
<b>2.2.1 Formação de Professores na EAD.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.2 Construção do Conhecimento na Prática Docente.....</b>	<b>34</b>
2.3 CONSTRUÇÕES PESSOAIS RELATIVAS À NOÇÃO DE TEMPO RELATIVÍSTICO E AO SEU ENSINO.....	36
<b>2.3.1 Evolução Histórica das Concepções sobre o Tempo.....</b>	<b>37</b>
2.3.1.1 A Evolução da Noção de Tempo desde a Criança até o Adulto.....	42
<b>2.3.2 A Inserção da Física no Ensino Fundamental.....</b>	<b>46</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA.....	47
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS E DO CAMPO DA PESQUISA.....	48
3.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	51
3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	52
<b>4 ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>57</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>122</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>126</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 1.....</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2.....</b>	<b>132</b>
<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 3.....</b>	<b>133</b>
<b>APÊNDICE D – ROTEIRO DA ENTREVISTA.....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO A – OFICINA: A CINEMÁTICA DO ESPAÇO-TEMPO.....</b>	<b>135</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Refletindo sobre o processo formativo em que estive inserida, foi possível verificar que poucas intervenções tivemos que nos levassem a pensar e criar maneiras inovadoras para o Ensino de Física. Isto me inquietou a ir em busca de mudanças no processo formativo de professores, de forma que traga, também, melhorias na Educação Básica.

Sabemos que a aprendizagem formal em Física começa, normalmente, no final do Ensino Fundamental. É nesse período que os alunos têm contato com os primeiros conceitos de Física, na disciplina Ciências. A partir de uma visão ampla do Ensino da Física no início do Ensino Fundamental, é possível verificar uma oportunidade peculiar para que as crianças desenvolvam sua autoestima, através da experiência de situações desafiadoras e prazerosas, baseadas em conceitos físicos ligados ao seu cotidiano.

Inúmeras são as dificuldades e desafios encontrados para o Ensino de Física no 9º ano do Ensino Fundamental, principalmente no que tange à condução de atividades práticas relativas a essa disciplina. No final do Ensino Fundamental, as aulas são ministradas, na maioria das vezes, por um professor que não possui uma formação especializada na área de Física. Nesse sentido, os professores podem difundir informações equivocadas, ou mesmo errôneas, tendendo a compartilhá-las com seus estudantes, causando um ensino conceitualmente equivocado de Física e de Ciências (DAMASIO; STEFFANI, 2008), o que torna o Ensino das Ciências Naturais, e em especial, da Física, um desafio para os professores do 9º ano do Ensino Fundamental.

Com isso, a principal fonte de inspiração para o professor preparar as aulas de Ciências, acaba sendo o livro didático. Assim, o professor normalmente tende a organizar o conteúdo da disciplina com temas relacionados, quase que exclusivamente, aos conceitos da Biologia. Desse modo, reserva pouco ou quase nenhum tempo para o ensino da perspectiva da Física ou Química, que possa contribuir para o entendimento dos fenômenos naturais, ao invés de se limitar à sua descrição (GONÇALVES, 1997).

Agregada a isso, existe a problemática de que, em muitas escolas, ainda predomina a perspectiva do ensinar a partir da transmissão de conteúdos, por ainda existir um forte vínculo com o tradicionalismo, resultado de vários fatores, entre eles a

inadequada formação dos professores, tanto do ponto vista conceitual quanto do metodológico (GONÇALVES, 1997).

A obra de Bachelard (1996), *A Formação do Espírito Científico*, faz-nos refletir sobre o direcionamento que o professor deve dar aos seus alunos. Inúmeras vezes, na tentativa de facilitar a compreensão do assunto abordado, através de analogias, imagens, metáforas e expressões, acaba por dificultar o aprendizado do conhecimento científico, pois irá gerar uma acomodação no campo das ideias do aluno. Dessa forma, cria-se o que Bachelard denomina de obstáculo epistemológico.

Os educadores precisam estar atentos e levar em conta o conhecimento prévio do aluno, articulando uma forma de alterar essas ideias prévias, pois sem a ruptura delas não há como os alunos assimilarem novos conhecimentos (BACHELARD, 1996).

A generalização das coisas também constitui um obstáculo epistemológico, segundo Bachelard. Aparentemente, funciona como um facilitador para a compreensão dos alunos, porém ela pode parecer tão satisfatória, a ponto de levar o estudante a não se aprofundar mais no assunto abordado.

O uso de metáforas ou analogias, portanto, deve ser feito após a teoria, e não à frente; como forma de auxiliar no esclarecimento.

Segundo Bachelard (1996, p. 19) “pode-se reconhecer que a ideia científica muito usual fica carregada de um concreto psicológico pesado demais, que ela reúne inúmeras analogias, imagens, metáforas e perde aos poucos seu vetor de abstração, sua afiada ponta abstrata”. Ele pontua o fato de muitas vezes uma noção psicológica se tornar um obstáculo para a aprendizagem de uma noção científica. É comum nos depararmos com situações assim em sala de aula. Quando abordamos assuntos como a Teoria da Relatividade, na maioria das vezes, precisamos vencer o obstáculo da noção de tempo absoluto, criada por uma dimensão psicológica, para levar os alunos a aprenderem sobre a noção de tempo relativístico.

Partindo do pressuposto que cada indivíduo possui uma estrutura cognitiva única, a sala de aula precisa possuir um ambiente que assegure o desenvolvimento de interações sociais, de forma que exista a possibilidade de estabelecer compreensões compartilhadas entre professor-aluno e aluno-aluno, e um extenso processo de negociação de significados (MONTEIRO; TEIXEIRA, 2004).

Para que o Ensino das Ciências Naturais venha a fascinar os alunos de hoje, levando-os ao resgate do gosto pela exploração e descoberta, é necessário pensar em meios para aperfeiçoar a prática pedagógica do professor do Ensino Fundamental. Nesse sentido, é preciso que o educador desenvolva um referencial de orientação na maneira de conduzir sua sala de aula, para coordenar e mediar práticas pedagógicas que possam gerar meios de análise crítico-reflexiva e aperfeiçoar formas de ampliação da independência dos alunos diante do processo de ensino aprendizagem, criando assim, a possibilidade da inserção do Ensino de Física no Ensino Fundamental, tendo como ênfase, neste trabalho, a noção de tempo relativístico.

Sabemos que, quando tratamos sobre a Teoria da Relatividade, muitas pessoas criam um bloqueio, por achar que esse assunto é muito complexo e de difícil compreensão. Porém, consideramos que, ao começarmos a trabalhar a noção de tempo relativístico com alunos do Ensino Fundamental, podemos mostrar, através de exemplos e experimentos práticos, que essa teoria faz parte do nosso cotidiano, apesar de, muitas vezes, não percebermos. Para que isso ocorra, é necessário, primeiramente, trabalhar com os professores as possibilidades de ensinar essa noção no Ensino Fundamental.

Dentro dessa perspectiva, observamos que é necessária uma mudança no curso de Licenciatura em Física, visto que, na maioria das vezes, os futuros professores não são suficientemente preparados para ensinar o conceito físico, mas para realizarem os cálculos que envolvem conceitos físicos. Com isso, os alunos não são levados a refletirem, através de uma didática que traga uma problematização para instigar a curiosidade e o senso crítico dos alunos.

Ao vivenciarmos as aulas presenciais e a interação no Ambiente Virtual da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, em um curso de Licenciatura em Física a distância, ligado ao sistema da Universidade Aberta do Brasil, verificamos a possibilidade de analisar como esses futuros professores constroem essa noção de tempo relativístico a partir da realização de uma oficina, que facilita a visualização das inter-relações entre as medidas de tempo em dois sistemas de referência, que se movem entre si com velocidade próxima da velocidade da luz.

Baseados nos estudos de Piaget (2002), é possível perceber como a noção de tempo evolui na criança, possibilitando assim, a inserção da temática do tempo relativístico no 9º ano do Ensino Fundamental. Além disso, verificamos que a Teoria dos Construtos Pessoais (TCP) de George Kelly (2003) pode ser empregada para auxiliar o processo de aprendizagem dos futuros professores de Física, com base no Ciclo da Experiência de Kelly, possibilitando a criação de um ambiente que favoreça as interações sociais, levando os futuros professores a refletirem sobre sua prática docente.

Diante dessa temática, percebemos a necessidade de o Ensino de Física no Ensino Fundamental evoluir de uma perspectiva de transmissão de conteúdos para uma de construção do conhecimento e inserção da Física Moderna. Partindo disso, decidimos trabalhar a noção de tempo relativístico com esses futuros professores, de modo que eles se apropriem dessa noção através de uma oficina, que é uma atividade que pode ser organizada com base na TCP de Kelly, que possibilita uma interação maior entre os participantes, o que leva a superar as dificuldades inerentes ao conteúdo específico que está sendo trabalhado (noção de tempo relativístico).

Além disso, escolhemos desenvolver esta pesquisa na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, visto que os licenciandos têm que preparar aula para os alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, que podem ser inspiradas na Oficina.

Dessa forma, pretendemos responder à seguinte pergunta de pesquisa: quais as mudanças na noção de tempo relativístico, e os aspectos relativos ao ensino dessa noção no Ensino Fundamental, que licenciandos em Física, em um curso a distância ligado ao sistema da Universidade Aberta do Brasil, passam a destacar, após vivenciarem uma intervenção baseada na Teoria dos Construtos Pessoais de Kelly?

Para responder a essa pergunta, construímos os seguintes objetivos:

## OBJETIVO GERAL

Analisar as mudanças na noção de tempo relativístico, e os aspectos relativos ao ensino dessa noção no Ensino Fundamental, que futuros professores de Física passam

a destacar, após vivenciarem uma intervenção baseada na Teoria dos Construtos Pessoais de Kelly.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os aspectos relativos à noção de tempo, que são percebidos pelos licenciandos, antes e depois da vivência de uma Oficina;
- Caracterizar as mudanças nas concepções dos licenciandos, sobre o processo de aprendizagem, após a vivência de uma intervenção baseada na Teoria dos Construtos Pessoais de Kelly;
- Identificar as ferramentas e os questionamentos mais ressaltados pelos licenciandos, durante a realização da disciplina;
- Identificar os aspectos do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) que colaboraram para o processo de ensino aprendizagem.

Diante disso, iremos entender como se estruturou toda a nossa pesquisa, a partir da fundamentação teórica (Seção 2), dividida em três subseções. A primeira visa nos fazer compreender a teoria que utilizamos para nortear nosso trabalho, que foi a Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly (Subseção 2.1). A segunda traz um resumo de como surgiu e se estruturou a EAD e a Universidade Aberta do Brasil, visto que nosso campo de pesquisa foi em um curso de Licenciatura em Física a distância, ligado ao sistema da Universidade Aberta do Brasil (Subseção 2.2). Dividimos essa segunda subseção em duas, em que tratamos sobre a formação de professores na EAD, e sobre a construção do conhecimento na prática docente. A terceira abordou as construções pessoais relativas à noção de tempo relativístico e ao seu ensino, visto que verificamos as construções e mudanças dessa noção em licenciandos em Física e discutimos sobre as possibilidades de ensinar essa noção a alunos do Ensino Fundamental (Subseção 2.3). Dividimos essa subseção em duas, em que trouxemos um apanhado histórico da evolução das concepções sobre o tempo, que foi subdividida na evolução da noção de tempo da criança ao adulto, e refletimos sobre a inserção da Física no Ensino Fundamental.

Depois, trouxemos uma seção com a metodologia que desenvolvemos em nossa pesquisa (Seção 3), subdividida em três subseções, que trazem o tipo de pesquisa, os sujeitos e o campo de pesquisa, os instrumentos de pesquisa e os passos metodológicos que utilizamos.

Em seguida, trouxemos uma seção contendo toda a análise dos dados que coletamos durante nossa pesquisa (Seção 4).

Encerramos com as considerações finais (Seção 5), as referências, os apêndices e os anexos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com base nas leituras realizadas, percebemos que muito se discute sobre a necessidade de melhorias na educação, porém as mudanças propostas não têm repercutido, em grande escala, nas salas de aula. Em contrapartida, quando se fala e se executam ações para melhorias, na maioria das vezes não são voltadas para a educação básica. Como é possível o surgimento de pessoas crítico-reflexivas se a base do ensino não é voltada para isso?

Para mudar a educação, uma alternativa é desenvolver um trabalho metodológico no ensino dos Anos Iniciais, que vise desenvolver atividades de aprendizagem que gerem significado e façam com que os alunos se apropriem dos conhecimentos científicos. Dessa forma, as crianças serão levadas a construir as primeiras noções do conhecimento científico, que podem contribuir para torná-las críticas, reflexivas e problematizadoras.

Assim, consideramos a inserção da Física nos Anos Iniciais, como um meio para contribuir para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, através de situações que incitem o prazer pela exploração e pela descoberta. Mas, para que isso ocorra, os futuros professores de Física precisam estar aptos para tal desafio. Sendo assim, é importante averiguar como os conceitos físicos estão sendo aprendidos por esses alunos em sua graduação. Dessa forma, considerando o quanto a Física é vasta, verificamos que é pertinente tratar da construção da noção de tempo, visto que ela é uma das categorias em desenvolvimento, que serve de base para muitas estruturas de conhecimento.

Com base nessa escolha, dividimos a fundamentação teórica em três seções principais, iniciando com a Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly, que será o nosso aporte teórico e metodológico. Em seguida, apresentaremos a EAD e a Universidade Aberta do Brasil, visto que nossos sujeitos de pesquisa foram licenciandos de um curso a distância. Por fim, trataremos das construções pessoais relativas à noção de tempo relativístico e ao seu ensino, observando um pouco da evolução histórica das concepções sobre o tempo, e como se dá a evolução da noção de tempo desde a criança até o adulto.

## 2.1 A TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS DE GEORGE KELLY

George Kelly (2003) nos convida, em seu livro *A Theory of Personality – The Psychology of Personal Constructs*, para uma aventura de definição de um novo ponto de vista, capaz de nos fazer enxergar velhos conceitos com um novo olhar. A Teoria dos Construtos Pessoais (TCP), descrita nesse livro, trata de diversos processos psicológicos individuais e nos mostra como cada indivíduo constrói e relaciona conceitos.

A TCP considera a construção e a organização dos conceitos na estrutura cognitiva, através do que ela denomina de construtos. Esses construtos são características identificadas na realidade percebida pelo indivíduo, que serão testadas e aplicadas, na tentativa de explicar e interpretar eventos. Evento é um termo genérico para descrever acontecimentos. Para participarmos de acontecimentos, precisamos compreender o que está ocorrendo, para decidirmos como agir e reagir. Para tanto, utilizamos nossos construtos pessoais, e, dependendo do decorrer desses acontecimentos, também podemos modificar esses construtos, quando sentimos que eles não nos permitem antecipar a evolução dos eventos. Dessa forma, é possível perceber o mundo em uma perspectiva diferente da que sempre percebemos, levando-nos a formular novos conceitos sobre o comportamento humano, inclusive o nosso. Essa perspectiva nos leva a refletir sobre a complexidade existente nos relacionamentos entre os seres humanos.

Essa teoria é baseada em um posicionamento filosófico, fundamentado no Alternativismo Construtivo, que nos mostra algumas perspectivas sobre como o homem constrói a sua realidade, com base em representações, que ele utiliza para compreender e antecipar eventos. Essa teoria da personalidade nos dá a esperança de o indivíduo ser melhor compreendido e se fazer compreender, podendo assim, reestruturar sua vida. Nesse ponto, Kelly (2003) nos fala sobre o homem-cientista, uma abstração particular que ele possuía de toda a humanidade. Assim como os reformistas, ele acreditava que cada homem é o seu próprio sacerdote, e que, em sua particularidade, cada um é um cientista.

Partindo desse posicionamento, podemos considerar que o homem, aos poucos, pode começar a compreender o universo, pois cada indivíduo se comporta como um cientista, nessa busca de compreensão dos eventos que o cercam. Essa compreensão do universo se inicia a partir do pensamento reflexivo, pois existe uma relação entre o que pensamos e o que realmente existe. O universo possui uma característica integrante. Tudo está relacionado. Como ele está em constante mudança em relação a si mesmo, ele pode ser medido através da dimensão do tempo. Há uma parte do universo, que precisa estar ligada ao tempo para ter sentido. Essa parte é a vida (KELLY, 2003).

Segundo Kelly (2003), o homem cria a sua realidade através de alguns padrões e depois tenta se ajustar à realidade do mundo que o cerca. A esses padrões ele dá o nome de construtos. Eles são utilizados para interpretar o mundo e capacitam o homem para traçar uma forma de comportamento. À medida que esses construtos vão sendo utilizados, eles vão sendo aperfeiçoados e organizados em estruturas, constituindo repertórios, que se articulam em um grande sistema. Esse sistema, que cada indivíduo vai desenvolvendo, faz com que o mesmo evento possa ser interpretado de formas diferentes, simultaneamente. O Homem, pouco a pouco, começa a validar ou não os sistemas que está construindo. Ele começa a testar as suas hipóteses.

Em todo tempo, Kelly (2003) quer nos mostrar que existem várias maneiras de interpretar o mundo. E nos lembra, que nenhum conjunto de construções irá prever tudo. Todas as interpretações do universo estão sujeitas a revisão ou substituição, não sendo absolutas. Haverá sempre construções alternativas para escolher como lidar com o mundo. Ninguém precisa ser vítima do seu passado. Essa posição filosófica ele chama de Alternativismo Construtivo. Como consequência, se quisermos saber qual a filosofia de vida usada por uma pessoa, basta olhar para ela; pois, algumas de suas construções podem ser expressas por gestos, expressões faciais e movimentos, ao invés de palavras. Desse modo, ao analisarmos a psicologia do homem-cientista, precisamos considerar os seus padrões de representação e construção subverbal.

Segundo Kelly (2003), o Alternativismo Construtivo está contido em uma área da epistemologia denominada de gnosiologia (ou gnoseologia), que é a parte da Filosofia que estuda o conhecimento humano, tendo como objetivo refletir sobre a origem,

essência e limites do conhecimento, do ato cognitivo; ou seja, é a análise sistemática das concepções do pensamento comum e científico, empregada para interpretar o mundo.

Sua teoria tem como base um postulado fundamental, que afirma que “os processos de uma pessoa são psicologicamente canalizados pelas formas como ela antecipa eventos.” (KELLY, 2003, p. 32, tradução nossa), do qual derivam onze corolários ligados aos processos psicológicos individuais, que são: Corolário da Construção, Corolário da Individualidade, Corolário da Organização, Corolário da Dicotomia, Corolário da Escolha, Corolário da Faixa (ou do Intervalo), Corolário da Experiência, Corolário da Modulação, Corolário da Fragmentação, Corolário da Comunalidade e Corolário da Sociabilidade.

Dos onze corolários, iremos focar em nossa pesquisa os Corolários da: Construção, Individualidade, Experiência, Modulação, Fragmentação e Sociabilidade. Os demais podem ser consultados nas dissertações de Mestrado do PPGEC (ROCHA, 2005; TEODORO, 2013; VIANA, 2014).

Segue, na página seguinte, um quadro, contendo o enunciado dos corolários, que iremos utilizar em nossa pesquisa, propostos por Kelly:

Quadro 1 – Corolários da Teoria de George Kelly

Corolário	Enunciado
Construção	Uma pessoa antecipa eventos por interpretar as suas repetições.
Individualidade	Pessoas diferem umas das outras nas suas construções de eventos.
Experiência	O sistema de construção de uma pessoa varia, de acordo com a forma como ela interpreta, sucessivamente, as repetições de eventos.
Modulação	A variação no sistema de construção de uma pessoa é limitada pela permeabilidade dos construtos, em cujas faixas de conveniência as variantes se encontram.
Fragmentação	Uma pessoa pode empregar, sucessivamente, uma variedade de subsistemas de construção, que são incompatíveis, por inferência, uns com os outros.
Sociabilidade	Na medida em que uma pessoa interpreta os processos de construção de uma outra, ela pode desempenhar um papel no processo social envolvendo a outra pessoa.

Fonte: Elaborado pela autora (KELLY, 2003, p. 72-73, tradução nossa).

O Corolário da Construção nos diz que uma pessoa, através da interpretação de repetições de eventos, é capaz de antecipá-los, e isto, vai estabelecendo bases para o raciocínio. Ou seja, o indivíduo faz uma reflexão sobre os eventos ocorridos em um dia e, com base nas características que encontra, antecipa como eles ocorrerão em um outro dia. Não significa que o amanhã terá que ser igual ao hoje, mas que algumas coisas podem se repetir, inclusive expectativas emocionais ligadas ao primeiro evento.

O Corolário da Individualidade, o qual nos mostra que cada pessoa constrói os eventos de que participa, ou seja, a observação de um fenômeno, feita por várias pessoas ao mesmo tempo, será percebida de forma diferente por cada indivíduo. Desse modo, como professores ou futuros professores, precisamos estar atentos às analogias e materiais que utilizamos em nossas salas de aula, pois alguns podem favorecer certos alunos e prejudicar outros.

O Corolário da Experiência trata do processo de aprendizagem, que segundo Kelly (1970) ocorre em um ciclo, denominado Ciclo da Experiência, composto por cinco etapas: Antecipação, Investimento, Encontro, Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva. Ao passar, sucessivamente, por esse ciclo, as construções da pessoa vão sendo revisadas e reconstruídas, de modo que o sistema de construção do indivíduo passa por uma evolução progressiva. Essa sucessão de acontecimentos tem como sua principal dimensão, o tempo. A experiência é enriquecida através da interpretação sucessiva e reconstrução dos acontecimentos, levando em consideração o que acontece e como acontece. Esse corolário não enfatiza a busca, apenas pelo despertar da curiosidade; e sim, pela experimentação (reflexão sobre) de cada evento. Dessa forma, é possível perceber as grandes implicações e reflexões que este corolário pode nos trazer, em relação à aprendizagem. Isso nos dá cada vez mais propriedade para utilizar a teoria de George Kelly em sala de aula.

Kelly (2003), sempre enfatiza o quanto é importante interpretar os eventos. Há uma frase dele, que merece destaque. Ela diz o seguinte: “Interpretar é ouvir o sussurro de temas recorrentes nos eventos, que repercutem em torno de nós.” (p. 54, tradução nossa). Cada interpretação feita, através das repetições dos eventos, é uma ponte construída para que novos construtos sejam formados ou reformulados.

O Corolário da Modulação nos mostra que o sistema de construção de cada indivíduo varia de acordo com a interpretação sucessiva dos eventos. O progresso desse sistema ocorre dentro de subsistemas de construção. Cada indivíduo escolhe tornar esse sistema permeável ou impermeável, isso é, que pode ser alterado ou não. Então, se optamos pela impermeabilidade, não iremos construir novos construtos.

Nem todos os subsistemas de construção são compatíveis entre si. É possível encontrar pessoas, que mantêm subsistemas incompatíveis. Apesar da

incompatibilidade, nesse caso, os subsistemas nunca são ativados simultaneamente, de modo que a incompatibilidade não é percebida pela pessoa que os possui. Ela pode ser percebida por um professor, que por exemplo, está observando um aluno. Isso é tratado no Corolário da Fragmentação, que ressalta que o sistema de construção de uma pessoa é formado por subsistemas que nem sempre estão conectados entre si.

Apesar da individualidade que cada pessoa possui, não podemos esquecer que somos seres que vivem em sociedade, e que estamos, a todo tempo, relacionando-nos e expondo nossas ideias. É dentro dessa perspectiva, que podemos considerar o Corolário da Sociabilidade. Segundo esse corolário, é através da interpretação, que cada sujeito faz da construção realizada pelo outro, que ele pode exercer influência em um processo social que envolva o outro sujeito. Quando tratamos do ensino de Ciências, percebemos que este corolário se aplica perfeitamente em sala de aula, visto que, para que ocorra um aprendizado, é necessário que exista um diálogo entre professor-aluno, aluno-aluno, e aluno-professor, para que sejam detectadas as diferenças entre as maneiras de perceber as situações.

Tendo em vista que nossa pesquisa vai ter como foco o Corolário da Experiência, vamos explorá-lo mais um pouco, enfatizando o Ciclo da Experiência.

Kelly (1970) considera um Ciclo da Experiência como composto por cinco fases, denominadas: Antecipação, Investimento, Encontro, Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva, como representado a seguir.

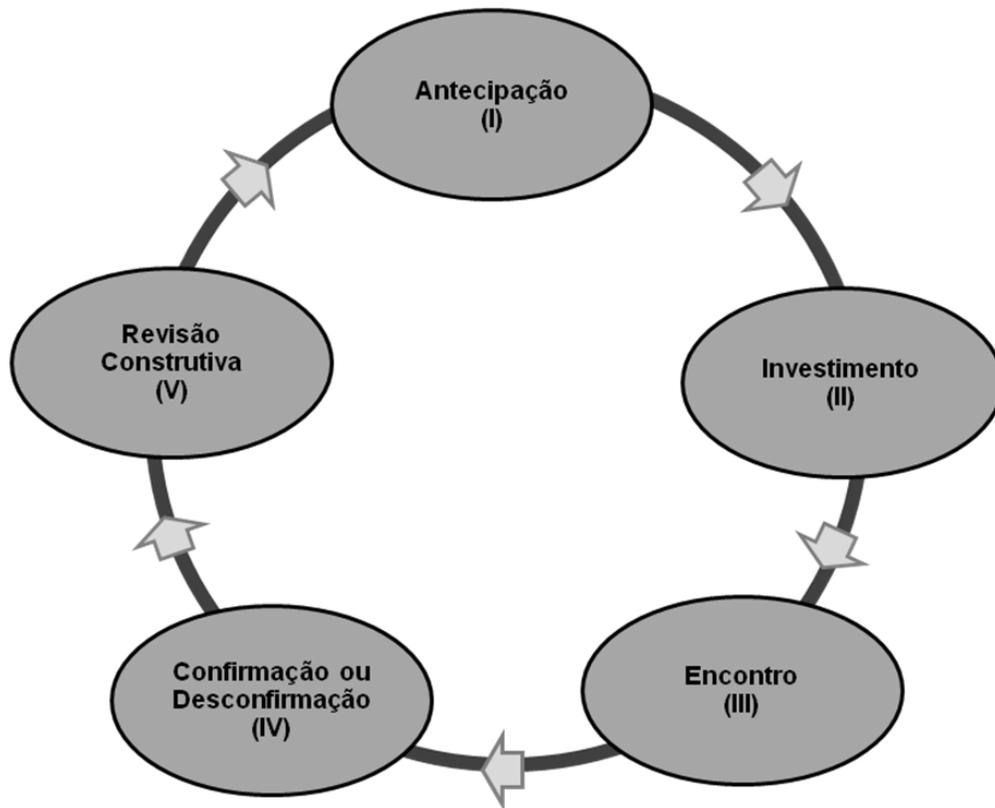


Figura 1: Ciclo da Experiência  
 Fonte: A autora, adaptado de Cloninger (1999, p. 428).

Vamos entender um pouco como funciona cada etapa desse ciclo. A primeira etapa é a Antecipação, que trata da construção inicial do evento que o indivíduo irá vivenciar. Segundo Kelly (2003), é através da interpretação das repetições, que o homem antecipa eventos. Se pararmos para analisar e refletir, veremos que, cada vez mais, estamos indo em busca de tornar o mundo mais previsível. Algumas vezes, ficamos ansiosos com algo que teremos que fazer e passamos a antecipar as possibilidades do que poderá ocorrer. Cada pessoa interpreta de uma forma particular o que irá ocorrer em um determinado evento, e, a partir dessa interpretação, reage a ele, através de uma gama de pensamentos, que irão surgindo, e que levam o indivíduo a construir ou reconstruir novos conceitos.

A segunda etapa é o Investimento, que se refere à fase de preparação do indivíduo para vivenciar esse evento. Nesse momento, a pessoa vai em busca das informações necessárias para compreender melhor o evento, que irá observar ou

participar, construindo, dessa forma, um posicionamento sobre o tema proposto, com base em fatos e teorias existentes.

A terceira etapa é o Encontro, durante a qual o indivíduo entra em contato direto com o evento. Assim, o indivíduo passa a testar suas hipóteses e, através da comparação entre o que ele achava e o que ele vivenciou, é que vai surgir a Confirmação ou não da antecipação criada. Esse último processo, constitui a quarta etapa.

Nessa etapa, o indivíduo pode considerar que as hipóteses que ele criou durante as etapas da Antecipação e Investimento são verdadeiras (confirmar as hipóteses) ou considerar que elas são falsas (desconfirmar as hipóteses). É através dessa etapa que a pessoa irá poder experimentar se o que ela previu na etapa de Antecipação ocorreu ou não, e a partir disso, mudar sua previsão, ou voltar-se para uma outra construção do seu repertório de antecipações, ou seja, rever o seu sistema de construção.

Na quinta e última etapa do Ciclo da Experiência proposto por Kelly, denominada Revisão Construtiva, o indivíduo identifica as mudanças ocorridas em seu esquema de construção, passando a compreender a sua evolução cognitiva, provocada pela vivência da experiência. Assim, para Kelly, a evolução cognitiva corresponde à aprendizagem, e ocorre associada à experiência. Se não ocorrer experiência, não há mudanças no sistema cognitivo, e, portanto, não ocorre aprendizagem. É nessa etapa que a pessoa passa a assumir uma nova postura diante do que vivenciou durante todo o processo, e passa, através de reflexões, a ver o que irá por em prática no seu dia a dia.

Com base no Ciclo da Experiência de Kelly, vamos trabalhar o tema da Relatividade Especial com alunos do curso de Licenciatura em Física, na modalidade Educação a Distância (EAD), ligado ao sistema da Universidade Aberta do Brasil, para verificar como esse tipo de abordagem metodológica contribui para o processo de ensino-aprendizagem. Considerando que a maneira de estruturar as disciplinas, em um curso a distância, é muito diferente daquela em um curso presencial, iremos, na próxima seção, mostrar um pouco do surgimento da EAD e explicar a estrutura do curso de Licenciatura em Física na EAD.

## 2.2 A EAD E A UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL

Iremos entender um pouco como se configurou a EAD, no Brasil e no mundo, e como se deu a implementação da Universidade Aberta do Brasil. Apresentaremos como tem se configurado a formação de professores na EAD e trataremos da importância de se ter uma interação entre a teoria e a prática (processo formativo no Estágio Curricular Supervisionado IV), para auxiliar no processo de ensino aprendizagem.

### 2.2.1 Formação de Professores na EAD

Quando tratamos sobre o ensino a distância, logo se pensa que essa modalidade de ensino surgiu há pouco tempo. Porém, se formos verificar a sua origem histórica, veremos que ela surgiu a partir do começo do século XVIII, simultaneamente com a imprensa; e as primeiras experiências educacionais nessa modalidade foram através de correspondência (MORAES; VIEIRA, 2009).

A primeira geração da EAD ocorreu no ano de 1728, com a publicação de um anúncio pelo professor de taquigrafia Cauleb Phillips, na Gazzette de Boston, para todos que quisessem aprender essa arte. Nesse período, a chance de interação entre os alunos e a instituição que produzia os cursos era pouquíssima, restringindo-se apenas à ocasião das provas. Os alunos eram autodidatas. Recebiam o material impresso pelos correios para os estudos, junto com os exercícios de fixação (FARIA; SALVADORI, 2010).

Em 1880, na Inglaterra, surgiu a primeira tentativa de implementar cursos a distância, que dessem direito a receber um diploma. Porém, as autoridades locais rejeitaram a proposta. Dessa forma, os autores dessa ideia decidiram migrar para os Estados Unidos, onde havia uma credibilidade maior para essa modalidade de ensino. Na Universidade de Chicago, eles ganharam espaço para suas ideias, conseguindo, em 1882, implementar o primeiro curso universitário em Educação a Distância, em que o material didático utilizado era todo enviado aos alunos pelos correios (FARIA; SALVADORI, 2010).

No Brasil, a EAD surgiu através do uso do rádio, com a transmissão de programas de literatura, radiotelegrafia e telefonia, línguas etc. Isso ocorreu com a criação da Fundação da Rádio Sociedade do Rio de Janeiro, em 1923. Alguns anos depois, tiveram início os cursos com base na mídia impressa, a partir da fundação do Instituto Universal Brasileiro (IUB), em 1941. Ainda atuando nos dias de hoje, o IUB é uma empresa privada, que oferece cursos à distância, dentro dos seguintes segmentos: profissionalizantes, supletivos, técnicos e sobre educação infantil (MORAES; VIEIRA, 2009).

A modalidade de ensino a distância só veio a ser legalmente reconhecida no Brasil em 1971, através da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) – Lei 5.692/71, Art. 25<sup>1</sup>, porém somente para os cursos supletivos. Cursos superiores a distância começaram a ser organizados pelo Núcleo de Educação a Distância do Instituto de Educação da UFMT, em 1994, iniciando com o curso de Licenciatura em Educação Básica. Dois anos depois, a legislação legitimou a EAD para todos os níveis de ensino, através da publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) – Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Essa lei aponta para a aplicação dessa modalidade de ensino em seu Artigo 80 (MORAES; VIEIRA, 2009). Contudo, foi no dia 20 de dezembro de 2005, através da Sanção do Decreto 5.622, que a legislação brasileira sobre EAD foi concretizada, tendo como centro a oferta de cursos superiores a distância.

A Educação a Distância (EAD) não surgiu para facilitar a obtenção de títulos acadêmicos, ou para desenvolver uma formação de baixa qualidade. Inicialmente, ela surgiu para atender às necessidades de um corpo de alunos específicos, que devido à correria do seu dia a dia, não conseguem obter sua formação acadêmica através do ensino tradicional; principalmente por residirem em locais afastados da instituição de ensino.

Essa modalidade de ensino tem crescido muito no contexto atual. Dessa forma, a responsabilidade do corpo docente aumenta. Para tanto, é necessário que os

---

<sup>1</sup> Art. 25. O ensino supletivo abrangerá, conforme as necessidades a atender, desde a iniciação no ensino de ler, escrever e contar e a formação profissional definida em lei específica até o estudo intensivo de disciplinas do ensino regular e a atualização de conhecimentos.

§ 1º Os cursos supletivos terão estrutura, duração e regime escolar que se ajustem às suas finalidades próprias e ao tipo especial de aluno a que se destinam.

§ 2º Os cursos supletivos serão ministrados em classes ou mediante a utilização de rádios, televisão, correspondência e outros meios de comunicação que permitam alcançar o maior número de alunos.

profissionais atuantes, ou que queiram atuar nessa modalidade de ensino, tomem conhecimento do conceito e da história da EAD, para que possam entender o seu papel enquanto formadores de futuros profissionais.

Para entender um pouco sobre o conceito da EAD e como ela se caracteriza, podemos utilizar uma definição trazida por Neto (2012),

A educação a distância deixa de ser alternativa permanentemente experimental ou concebida como solução paliativa para atender às demandas educativas de jovens e adultos excluídos do acesso e permanência na escola regular, na idade própria. Passa a ser uma estratégia regular de ampliação democrática do acesso à educação de qualidade, direito do cidadão e dever do Estado e da sociedade, estratégia que tem sido praticada neste país em uma história de acertos e erros, estes últimos em grande parte debitáveis a açodamentos, descontinuidades, sofisticacões pretensiosas e simplificações enganosas, que a regulamentação pretende evitar (p. 406).

A EAD não busca criar um distanciamento entre professor e alunos, pelo contrário, ela busca a aproximação deles, mesmo que não estejam fisicamente no mesmo ambiente, pois a EAD é uma educação sem tempo e sem distância.

Segundo o Ministério da Educação, no decreto nº 5622, de dezembro de 2005, o qual regulamenta a EAD, o Art. 1º mostra que essa modalidade de ensino tem como característica a intervenção didático-pedagógica, no que se refere aos processos de ensino e aprendizagem, tendo em vista que sua realização se dá através de meios e tecnologias de informação e comunicação, de forma que tanto os alunos como os professores passem a desenvolver atividades educativas em localidades e tempos distintos. Dessa forma, a EAD busca vencer as barreiras do espaço-tempo.

A Universidade Aberta do Brasil (UAB) foi criada com o objetivo de proporcionar uma educação gratuita e com qualidade, em nível superior, para locais que não possuem acesso à universidade (MORAES; VIEIRA, 2009).

Para facilitar o acesso desse aluno ao curso, são implementados polos de apoio presencial, que oferecem uma infraestrutura necessária para o desenvolvimento dos encontros presenciais entre professor, tutor presencial, tutor virtual e aluno (BRASIL, 2005).

A educação a distância não é formada por um modelo único, que deve ser implementado nas universidades, e sim, por uma metodologia, na qual constam

encontros presenciais, que segue a seguinte estrutura (BRASIL, 2005, Art 1º, § 1º): sistema de avaliação dos alunos, estágios supervisionados, trabalho de conclusão de curso (quando for necessário) e atividades em laboratórios de ensino.

Quando falamos de educação, sabemos o quanto é necessário o uso de mídias (tecnologias), porém muitas pessoas só associam essa palavra a utensílios eletrônicos, como: rádio, TV, computadores, videogames, internet. Contudo, muitos não consideram que o livro é uma tecnologia, logo ele é um tipo de mídia impressa, e uma das mais usadas nas escolas. Com o surgimento do livro didático, o professor foi deixando de ser a única fonte de conhecimento dos alunos, pois eles passaram a ter o livro como uma fonte de pesquisa e informação. Com o tempo, outras mídias audiovisuais e virtuais foram sendo incorporadas ao dia a dia das escolas, o que levou, inicialmente, os professores e alunos a passarem por um processo de capacitação para utilizar essas novas mídias (MORAES; VIEIRA, 2009).

Ao pensar na modalidade de Educação a Distância, não há como não pensar na linguagem, pois ela é a conexão entre os participantes dessa modalidade de ensino. É necessário que os livros didáticos, bem como as ferramentas de comunicação utilizadas nos ambientes virtuais (fóruns, chat, mensagens, entre outros), promovam interação entre professor-aluno-tutor, estabelecendo uma linguagem que não seja unilateral (KOELLING; LANZARINI, 2009).

Para que o material didático tenha eficácia na interlocução entre os participantes da educação a distância, é necessário que os docentes, estabelecidos para produção do material, trabalhem de forma integrada e com uma equipe multidisciplinar (BRASIL, 2007).

Quando falamos em Educação a Distância, é impossível não pensar em mídias. Até porque as mídias, nessa modalidade de ensino, é que tornam esse sistema de educação possível. Diante disso, o aluno precisa aprender a utilizar as mídias, disponibilizadas em seu curso, como ferramentas de estudo e pesquisa, tomando conhecimento das suas vantagens, limites e possibilidades, para que elas venham auxiliar no seu processo de ensino aprendizagem. Com relação aos professores, eles precisam entender como essas mídias funcionam e deve verificar todos os recursos que

elas possibilitam, para serem facilitadoras na sua interação com o aluno e para ajudar no processo de ensino aprendizagem de seus alunos (MORAES; VIEIRA, 2009).

Após toda essa abordagem sobre o ensino a distância, iremos verificar agora como está estruturado o curso de Licenciatura em Física, na modalidade EAD, ligado ao sistema da Universidade Aberta do Brasil.

O licenciando em Física desenvolverá habilidades e competências durante a sua formação acadêmica, tornando-se apto para exercer a docência e a investigação científica, de modo que será capaz de analisar, selecionar, identificar e produzir recursos e materiais didáticos para as suas aulas. Também estará apto a criar situações didáticas que contribuam para o desenvolvimento e aprendizagem de seus alunos.

O licenciando estará apto a atuar nas seguintes áreas: Docente do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano), Ensino Médio e na Educação de Jovens e Adultos; Coordenação na área de desenvolvimento de projetos educacionais; Coordenação e desenvolvimento de projetos em ambientes não-formais de ensino e Gestão Escolar.

Para que haja um ensino eficaz é necessário que esses futuros professores possuam uma formação docente de qualidade e que prezem por desenvolver práticas pedagógicas que auxiliem no processo de ensino aprendizagem. É de suma importância que entendam a complexidade que está por trás do ensinar. Tatto (1993, *apud* Tancredi 2006, p. 87), traz-nos uma reflexão sobre o ensino, destacando que ele “é uma mistura complexa de conhecimento do conteúdo específico, de conteúdo pedagógico e habilidades para ensinar alunos diversos, assim como o conhecimento e a compreensão do contexto no qual o ensino ocorre”.

A formação docente precisa estar estruturada de forma que venha a estimular o desenvolvimento de uma compreensão crítica-reflexiva, levando esses professores a estabelecerem um pensamento autônomo, ou à ideia de que a formação é desenvolvida através de um processo de apropriação individual, fazendo com que ocorra uma interação e confrontação entre esses professores, denominada de auto-formação participada (NÓVOA, 1992).

Sabemos que os problemas no sistema educacional não estão atrelados, apenas, à formação dos professores, mas também à questão salarial. Tancredi *et al.*

(2006) nos trazem esse alerta de que, com a carreira e o salário do professor cada vez menos atrativos, muitos dos futuros professores estão repensando sua opção pelo magistério. Diante disso, os cursos de formação de professores precisam abordar a realidade em que se encontra a educação, construindo meios que levem esses profissionais a superar as dificuldades e problemas encontrados na prática docente (BORGES; REALI, 2012).

Quando se trata de formação de professores na modalidade Educação a Distância, existe certa resistência em conceber que esses profissionais são tão competentes quanto os formados na Educação Presencial. O problema é que na mente de um grande contingente de pessoas está impregnada a ideia de que a Formação de Professores, assim como qualquer outra formação, somente é realmente plena e abrangente quando ocorre presencialmente. Porém, a Educação a Distância tem crescido e avançado ao longo dos anos, principalmente por conta do desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação – TIC. Azevedo (2006, p. 1) traz uma importante reflexão que nos ajuda a entender a visão que algumas pessoas possuem sobre a EAD:

Durante muito tempo a Educação a Distância foi considerada, para usar as palavras do filósofo francês Pierre Levy, uma espécie de “estepe” do ensino, utilizada principalmente quando outras modalidades de educação falhavam. Se o sistema educacional convencional falhava em proporcionar escolaridade mínima a uma parcela significativa da população, então a Educação a Distância era chamada para suprir esta lacuna. Com isso a sociedade se acostumou a olhar para a EAD como uma educação “de segunda categoria”, a ser utilizada especialmente por aqueles que não tiveram oportunidade de uma educação “melhor” [...].

Contudo, o crescimento da demanda por escolarização, as dificuldades de acesso de algumas pessoas às instituições de ensino na modalidade presencial, e o desenvolvimento de novas tecnologias, provocaram mudanças em relação à modalidade a distância. Com a criação da Universidade Aberta do Brasil (UAB), a expansão da EAD passou a atingir os cursos de graduação e de lato sensu nas universidades brasileiras, propiciada pela implementação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB), lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. À medida que essa modalidade de ensino vai sendo incorporada à educação nas universidades públicas, ela possibilita

que pessoas que moram distantes dos centros urbanos, possam ter a oportunidade de fazerem um curso acadêmico a distância. Porém, ainda há, em algumas cidades, a dificuldade do acesso às tecnologias de educação (HORA; GONÇALVES; COSTA, 2008).

Não podemos deixar de ressaltar a importância da EAD na formação continuada, visto que muitos professores tinham dificuldades em aperfeiçoar e dar continuidade ao aprendizado ligado a sua docência, por não dispor de tempo de se dedicar a uma especialização em cursos presenciais e por, em alguns casos, estarem residindo em cidades no interior do estado. Segundo Branco (2008), a formação continuada de professores na modalidade a distância, permite que o professor se especialize e continue exercendo a docência, passe a refletir sobre sua prática e por em prática o que vai aprendendo na sua especialização.

Apresentaremos a seguir, algumas reflexões sobre o conhecimento que os professores possuem e como a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado pode auxiliar no desenvolvimento da prática docente.

### **2.2.2 Construção do conhecimento na Prática Docente**

Porlán (1998) nos traz algumas reflexões sobre o conhecimento dos professores. Ele fala sobre quatro tipos de conhecimento: os saberes acadêmicos, os saberes baseados na experiência, rotinas e guias de ação, e as teorias implícitas. Só iremos abordar um pouco as duas primeiras, por se relacionarem com o que estamos tratando nesta seção.

Os saberes acadêmicos estão relacionados ao conjunto de concepções disciplinares que os professores possuem, estejam elas ligadas aos conteúdos específicos do currículo ou às Ciências da Educação. Esses saberes são gerados no processo de formação inicial, ao longo do tempo escolar, de forma explícita e, na maioria das vezes, atendendo à lógica disciplinar. Porém, os saberes vinculados às Ciências da Educação, acabam por ter pouca influência na atividade profissional, devido ao processo de aprendizagem ser desenvolvido de forma descontextualizada e fragmentada (PORLÁN, 1998).

Segundo esse autor, os saberes baseados na experiência estão ligados ao conjunto de ideias que os professores vão desenvolvendo, de forma consciente, ao longo do exercício da profissão, referentes aos aspectos dos processos de ensino aprendizagem. Ou seja, esses saberes são concepções compartilhadas no contexto escolar. Eles possuem o poder da socialização e da orientação na conduta profissional.

Diante do que Porlán (1998) relata sobre os saberes acadêmicos, percebemos o quanto é importante desenvolver o ensino de forma contextualizada e interligada, deixando de abordar teorias sem nenhuma contextualização com algo que faça sentido para o aluno. Os saberes baseados na experiência são importantes para promover a interação entre professor-aluno e aluno-aluno, através de ideias desenvolvidas pelos professores, que contribuirão para o processo de ensino aprendizagem. É importante refletir sobre esses saberes quando tratamos da formação de professores e quando buscamos refletir sobre a prática docente.

Um ponto importante, quando tratamos da Educação a Distância, é a dificuldade da quebra de paradigmas com relação a essa modalidade de ensino, tanto por parte do corpo docente, como por parte dos alunos. Principalmente, quando tratamos da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado, pois ela exige a existência de momentos presenciais. Como vimos, anteriormente, a legislação de EAD (BRASIL, 2005, Art 1º, § 1º) nos mostra que essa modalidade de ensino é regida por uma metodologia, na qual constam encontros presenciais, ligados ao sistema de avaliação dos alunos, estágios supervisionados, trabalho de conclusão de curso (quando for necessário) e atividades em laboratórios de ensino. Logo, o Estágio Curricular Supervisionado se configura em um componente curricular, que busca desenvolver atividades que possibilitem ao educando a construção de estratégias e habilidades que venham a auxiliar no processo de ensino aprendizagem de seus alunos.

O Estágio Curricular Supervisionado é estruturado, de forma que necessita da participação de três instituições de ensino: a universidade, o polo regional (onde ocorrem os encontros presenciais) e as escolas campo de estágio, configurando-se em uma disciplina de suma importância para o desenvolvimento da prática docente, auxiliando no processo de ensino aprendizagem do aluno. Porém, essa disciplina de Estágio Curricular Supervisionado não deve ocorrer de forma dissociada das demais

disciplinas do curso. A interação entre as disciplinas de conteúdo específico e as disciplinas pedagógicas, ou a falta delas, vai influenciar diretamente a prática do futuro professor que está sendo formado. Assim:

Os professores em formação precisam conhecer tanto os conteúdos definidos nos currículos da educação básica, quanto as didáticas específicas que possibilitarão a aprendizagem, portanto, a melhor estratégia é tratá-los de forma articulada (RELA; ROCHA; CARVALHO, 2007, p. 33-34).

Dessa maneira, não basta apenas ter a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado como componente curricular, mas associá-la com as outras disciplinas, para que os futuros professores em formação possam tornar-se aptos, tanto no conhecimento teórico, como no conhecimento prático, conseguindo articulá-los. Isso refletirá em sua prática docente, auxiliando no processo de ensino aprendizagem dos seus alunos.

Com base nisso, nesta pesquisa, buscamos articular o conhecimento teórico sobre a Teoria da Relatividade com a aplicação da mesma, dentro da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV. Dessa forma, para facilitar o entendimento do trabalho que desenvolvemos, trataremos um pouco das construções pessoais relativas à noção de tempo relativístico e ao seu ensino.

### 2.3 CONSTRUÇÕES PESSOAIS RELATIVAS À NOÇÃO DE TEMPO RELATIVÍSTICO E AO SEU ENSINO

Em busca de compreender como construímos a noção sobre o tempo relativístico e como podemos ensinar essa noção, traremos uma abordagem sobre a evolução histórica das concepções sobre o tempo, como essa noção de tempo evolui da criança ao adulto e as possibilidades da inserção da Física no Ensino Fundamental.

### 2.3.1 Evolução Histórica das Concepções sobre o Tempo

Para se entender a noção de tempo, é necessário estudar um pouco sobre o seu desenvolvimento na história e na filosofia.

Desde a antiguidade que pensadores vêm levantando concepções sobre o tempo. A primeira delas, que começa a se aproximar da ideia que alguns possuem hoje, é a de Aristóteles, que associa o tempo ao movimento, à sequência de eventos. Para ele, o tempo é o número que define o movimento em relação ao “antes” e ao “depois”, sendo considerado por ele como uma medida de movimento. Podemos perceber a sua noção de tempo, quando ele diz: “É pelo número que julgamos o mais ou o menos (uma quantidade); é pelo tempo que julgamos a maior ou a menor quantidade de movimento” (*apud* PIETTRE, 1997, p. 21).

A visão aristotélica dominava a ciência até a época de Galileu (1564-1642). No decorrer da evolução das ideias científicas, Galileu Galilei começou a dar sua contribuição em favor da concepção heliocêntrica<sup>2</sup>, defendida e iniciada por Copérnico, que era oposta à concepção geocêntrica<sup>3</sup> de mundo defendida por Aristóteles. Ele estabelece a lei de queda dos corpos; na qual atribui a mudança de velocidade ao tempo decorrido e não ao espaço percorrido. Mas nem sempre foi assim. Antes, ele associava as características temporais ao espaço. Em suma, Galileu relaciona o movimento a um fenômeno temporal, como encontramos na fala de Koyré (1986):

É nessa intuição, na atenção constante e mantida ao caráter real do fenômeno que reside a razão que permite a Galileu evitar o erro de Descartes; e o seu próprio erro. O movimento é, antes de tudo mais, um fenômeno temporal. Passa-se no tempo. É, pois, em função do tempo que Galileu procurará definir a essência do movimento acelerado, e já não em função do espaço percorrido: o espaço é apenas uma resultante, um acidente, um sintoma da realidade essencialmente temporal.

Não se pode, isso é verdade, imaginar o tempo. E qualquer representação gráfica envolverá sempre o risco de cair na geometrização em excesso. Mas o esforço do intelecto, do pensamento, concebendo e compreendendo o caráter contínuo do tempo, poderá sem perigo simbolizá-lo pelo espaço. O movimento uniformemente acelerado será, pois, o que for em relação ao tempo (p. 194-195).

---

<sup>2</sup> Acreditava-se que o Sol era o centro do Universo, do sistema solar, e a Terra girava ao seu redor.

<sup>3</sup> Acreditava-se que a Terra era o centro do Universo.

Diante disto, Galileu abre caminho para a concepção de tempo de Isaac Newton (1642-1727). Newton baseou-se nas ideias de Isaac Barrow para fundamentar sua noção temporal. Barrow percebeu que era preciso estudar a relação entre o tempo e o movimento. Uma das afirmações de Barrow (*apud* WHITROW, 1993, p. 146) sobre o tempo, que repercutiu na concepção newtoniana, ao dizer que independente de estarmos nos movendo ou em repouso, o tempo seguirá o seu curso.

Partindo dessa percepção de Barrow sobre o tempo, Newton abre caminho para uma concepção de tempo matemática, mensurável, independente de observadores e que pudesse ser empregada na determinação das características e causa do movimento. Temos esta definição em um comentário de Davies (1998):

O tempo newtoniano é, em sua própria essência, matemático. De fato, partindo da idéia de um fluxo de tempo universal, Newton desenvolveu sua “teoria dos fluxos” – um ramo da matemática mais conhecido como cálculo infinitesimal. Nossa preocupação com a medição precisa do tempo remonta ao conceito newtoniano de um fluxo do tempo contínuo e matematicamente preciso (p. 37).

Diante disso, passou-se a pensar no tempo como algo mensurável e absoluto. Encontramos esse posicionamento no início da obra *O Principia* de Newton (1990, p. 7): “O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e da sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração”.

Outras noções temporais foram propostas por filósofos que discordavam de Newton. O mais conhecido entre eles foi Leibniz (1983), que tinha em sua concepção que o tempo não era independente, não poderia existir por si só, ao contrário, a sua existência está atrelada a uma seqüência de eventos, à ordem sucessiva das coisas. A partir disso, começa a surgir a questão de eventos simultâneos (ocorrem no mesmo período) dando margem para a noção de tempo relativo.

Contudo, a noção de tempo newtoniana, segundo Souza (2008), perdurou por dois séculos, até o surgimento de críticas, e ao final do século XIX, chegaram à Teoria da Relatividade de Einstein, trazendo a noção de tempo relativo. Apesar disso, ainda estamos sob a influência da visão do tempo absoluto, o que nos faz refletir sobre o tempo newtoniano através do nosso senso comum.

A Teoria da Relatividade, estabelecida por Albert Einstein, surgiu depois de inúmeras reflexões e discussões, baseada em algumas ideias e perspectivas propostas por personalidades como: Ernst Mach, George Berkeley e Maxwell. Depois de muitos questionamentos entre as teorias que deram origem à Mecânica de Newton e ao Eletromagnetismo de Maxwell, surgiram, no final do século XIX e início do século XX, duas áreas da Física que nos trouxeram reflexões sobre a noção de tempo: a Física Quântica e a Relatividade de Einstein.

Em meados do final do século XIX, acreditava-se que o espaço era composto por um éter luminoso<sup>4</sup>, utilizado pela Terra para mover-se. Os estudiosos Michelson e Morley consideravam que, se utilizassem raios de luz, poderiam medir a velocidade da Terra, partindo de um referencial absoluto, em relação ao éter. Porém, através de um aparato experimental, eles verificaram que isso não era possível, pois a velocidade da luz não dependia da velocidade do referencial, sendo sempre a mesma.

Com base nesses estudos anteriores, Einstein postulou a Teoria da Relatividade Especial, que possuía um princípio básico, que torna possível a qualquer observador medir a mesma velocidade da luz. Esse princípio é a validade das leis físicas, que servem para qualquer observador. Daí surgiu o conceito de Simultaneidade, que está intimamente ligado à noção de tempo. Temos a caracterização desse conceito em uma citação de Einstein (*apud* WHITROW, 2005):

Se quisermos descrever o movimento de um ponto material, damos os valores de suas coordenadas como funções do tempo. Mas precisamos ter em mente que uma descrição desse tipo só tem significado físico se formos bem claros quanto ao que entendemos por 'tempo'. Devemos levar em conta que todos os julgamentos em que o tempo é considerado são sempre julgamentos de eventos simultâneos. Se, por exemplo, eu disser 'que aquele trem chega aqui às sete horas', quero dizer mais ou menos o seguinte: 'o ponteiro pequeno do meu relógio marcando sete horas e a chegada do trem são eventos simultâneos'. Pode parecer possível superar todas as dificuldades referentes à definição de tempo substituindo a 'posição do ponteiro pequeno do meu relógio' pelo 'tempo'. E, na verdade, essa definição é satisfatória se estivermos interessados em definir um tempo exclusivamente para o lugar onde o relógio está localizado; mas não é satisfatória quando temos de relacionar o tempo a uma série de eventos que ocorrem em lugares diferentes, ou – o que vem a dar no mesmo – de avaliar os tempos de eventos ocorrendo longe do relógio (p. 113).

---

<sup>4</sup>Substância invisível em que as ondas eletromagnéticas se propagavam.

Diante dessa citação, constatamos que o conceito de Simultaneidade entre eventos, da maneira como foi definida por Einstein, impossibilita uma dimensão absoluta do tempo para observadores em diferentes lugares. Dessa forma, Einstein traz modificações em conceitos universais como espaço e tempo, e sugere possibilidades imaginárias, que até o momento eram impossíveis de se pensar, por conta da noção de tempo absoluto. Ele próprio discursa sobre essa imaginação:

Se colocássemos um organismo vivo em uma caixa, ...seria possível providenciar para que o organismo, depois de um voo arbitrariamente longo, fosse reconduzido ao seu ponto original em uma condição quase inalterada, enquanto os organismos correspondentes, que haviam permanecido nas posições originais, teriam há muito tempo dado lugar a novas gerações. No organismo em movimento o tempo de duração da jornada foi um mero instante, desde que o movimento tenha ocorrido com velocidade aproximada da luz (*apud* WHITROW, 2005, p. 113).

Depois de um apanhado histórico sobre a evolução da noção de tempo, vejamos de forma breve como se desenvolveu a Teoria da Relatividade Especial, trazendo a teoria relacionada com a parte dos cálculos, para facilitar o entendimento da Oficina que desenvolvemos.

Ela foi desenvolvida por Einstein em 1905, quando ele percebeu que a natureza não privilegiava nenhum referencial inercial. Após estudos, Einstein lançou dois postulados sobre sua teoria: 1) As leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais; 2) A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor em qualquer referencial inercial. O primeiro postulado é prolongamento (ou acréscimo) do princípio da Relatividade desenvolvido por Newton, com o objetivo de integrar todos os fenômenos físicos, tantos os mecânicos como os eletromagnéticos. Em decorrência desse postulado, temos a inexistência de referenciais inerciais privilegiados, impossibilitando a identificação do movimento absoluto. (TIPLER; LLEWELLYN, 2006). O segundo postulado retrata uma propriedade das ondas eletromagnéticas, que não necessitam de meio para se propagar.

A grande dificuldade em compreender esses dois postulados, não é quando estão isolados, mas sim quando estão juntos no mesmo evento, pois se opõem ao nosso senso comum. É por isso que encontramos tanta resistência em aprender e ensinar a Teoria da Relatividade. Até porque precisamos ter em mente que a

velocidade da luz é a mesma para qualquer observador, e que um evento é um acontecimento que ocorre em algum lugar do espaço e em um certo instante.

Os eventos não estão ligados a um referencial inercial em particular, e sim aos observadores que percebem e observam esses eventos. É cada um desses observadores que estará ligado a um referencial inercial em particular. Para compreender melhor essas questões dos postulados, iremos verificar como eles se aplicam quando tratamos de simultaneidade entre eventos. Segundo Tipler e Llewellyn (2006, p. 14), “dois eventos que são simultâneos em um referencial, não são simultâneos em nenhum outro referencial inercial que esteja em movimento em relação ao primeiro”. Eles ainda trazem um corolário, que afirma o que foi dito acima: “dois relógios que estão sincronizados em um referencial, não estão sincronizados em nenhum outro referencial inercial que esteja em movimento em relação ao primeiro”.

A nível de cálculo sobre a Teoria da Relatividade, com relação às coordenadas do espaço-tempo, as transformações clássicas não são compatíveis com os postulados de Einstein. Logo, as transformações de Galileu, precisavam ser modificadas. Dessa forma, foram desenvolvidas as transformações de Lorentz, que fazem a conexão entre as coordenadas do espaço e do tempo de um referencial S e de referencial S', que possuem um movimento relativo uniforme entre eles, com velocidade v, paralelas aos eixos x e x', que podemos verificar a seguir.

De S para S', temos:

$$t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

De S' para S, temos:

$$t = \frac{t' + vx'/c^2}{\sqrt{1 + (v/c)^2}}$$

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 + (v/c)^2}}$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

Nessas equações  $c$  representa a velocidade da luz, que é constante, com valor igual a:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300.000 \text{ km/s}$ .

A apresentação das ideias anteriores sobre a evolução histórica do tempo, foi feita para propiciar um melhor entendimento do que iremos abordar a seguir sobre a noção de tempo na criança, visto que antes de adquirir uma noção de tempo newtoniana, como a maioria de nós possui, as crianças, em seu início de vida, antes de chegarem à idade da razão, possuem uma noção de tempo centrada em suas experiências.

### 2.3.1.1 A Evolução da Noção de Tempo desde a Criança até o Adulto.

Piaget (2002) nos instrui que a criança possui sua noção de tempo caracterizada por aspectos próprios, relacionados às suas situações de desenvolvimento e seus interesses. Essa noção de tempo, atrelada à ideia de rapidez ou de lentidão, irá depender do que ela está executando.

Para as crianças, uma das categorias, que acompanham as estruturas de conhecimento em desenvolvimento, é o tempo, e que, para se organizar nas operações temporais, a noção de tempo, que é um conhecimento físico, precisa das ideias que se produzem do objeto gerenciado ao longo do tempo. Para o conceito de tempo, existem duas operações, que comportam essa construção, que são: a ordem dos acontecimentos, que norteia a compreensão de sucessão das coisas; e a duração das coisas.

No plano operacional, para se conseguir as coordenações dessas operações, é preciso um processo consecutivo de construção de noção de tempo, o qual se inicia no tempo sensorial, seguindo o mesmo padrão de desenvolvimento das estruturas cognitivas.

Através dos estágios de desenvolvimento citados por Piaget, podemos entender como evolui a noção de tempo na criança. Vejamos os estágios:

Quadro 2 – Estágios de Desenvolvimento da Criança

Idades	Estágios
0 – 2 anos	<u>Sensório-motor</u> : Neste período a criança começa a construir esquemas de ação que as levam a perceber o meio, isto através de reflexos neurológicos básicos. É nesse estágio que a criança começará a desenvolver os primeiros passos para a noção de tempo, como por exemplo: a hora de mamar, de acordar, de dormir, de tomar banho.
2 – 6/7 anos	<u>Pré-operatório</u> : Neste período os esquemas simbólicos (2-4 anos) e intuitivos (4-7 anos) vão sendo construídos através da linguagem, da imitação, do desenho, da dramatização. É o momento do faz de conta, da fantasia, dos porquês. Porém, a criança já consegue distinguir a fantasia do real. A criança deste estágio começa a interiorizar os esquemas de ação construídos no período sensório-motor e caracteriza-se pelo seu egocentrismo, pela sua percepção geral do mundo que a cerca, sem se prender aos detalhes, não conseguindo, desta forma, relacionar fatos.
6/7 – 11/12 anos	<u>Operatório Concreto</u> : Neste estágio a criança começa a desenvolver noções de espaço, velocidade, tempo, casualidade, ordem. Sendo capaz de compreender regras, sendo fiel a elas, e estabelecer compromissos. Organiza seu mundo de maneira lógica e operatória. A criança deste estágio não se limita ao que lhe é apresentado de forma imediata, porém necessita de algo concreto para atingir o abstrato.
A partir dos 11/12 anos	<u>Operatório Formal</u> : Neste período a criança consegue chegar à abstração total, pois as suas estruturas cognitivas estão no nível mais elevado de desenvolvimento, se tornando aptas a buscar, de forma lógica, soluções para os problemas que lhe são propostos, não se prendendo mais, apenas, à observação, mas agora considerando as hipóteses.

Fonte: Baseado no texto O desenvolvimento humano na teoria de Piaget. Autora: Márcia Regina Terra.  
Acesso: <<http://www.unicamp.br/iel/site/alunos/publicacoes/textos/d00005.htm>>

Tendo um conhecimento das noções temporais, é possível desenvolver uma educação consciente e esclarecida, com relação ao processo de construção do saber. Essa concepção é expressa por Piaget no prefácio do livro *A noção de Tempo na Criança*. Piaget (2002) escreve que:

Os educadores e a psicologia pedagógica constantemente se defrontam com os problemas suscitados pela incompreensão do tempo por parte das crianças em idade escolar. O conhecimento dos processos construtivos que engendram as noções fundamentais da ordem temporal, da simultaneidade, da igualdade e da superposição das durações, a partir de um estado em que a criança nem sequer suspeita ainda da existência de um tempo comum a todos os fenômenos, lhes será talvez de alguma utilidade... (p. 8-9).

Tendo embasamento nas pesquisas epistemológicas, Piaget assegura a necessidade de a escola utilizar métodos ativos, de forma a valorizar o conhecimento espontâneo da criança, além de respeitar o processo de aquisição das noções e conceitos pela criança.

Piaget (1976) afirma que, ao desenvolver uma experiência, cada pessoa deve realizá-la e manipulá-la para que possa compreender as etapas sucessivas da experiência, tendo plena liberdade de iniciativa durante todo o processo, pois do contrário, não será uma experiência, e sim um adestramento.

O educador, ao ter o conhecimento da noção de tempo na criança, passa a entender o porquê das dificuldades que as crianças têm em organizar acontecimentos no tempo, e a partir disso pode planejar intervenções para tornar possível o desenvolvimento dessa noção na criança.

Quando Piaget (1976) fala que a criança deve participar da construção do conhecimento através da manipulação dos materiais em uma aula de experimentação, podemos tomar isso como uma estratégia para desenvolver uma ruptura em um obstáculo epistemológico que esse aluno possa ter. Ao deixar que o aluno participe efetivamente da aula, faz com que o pensamento preso a suposições, avance para o nível das ideias, levando o aluno à construção de um conhecimento compatível com o conhecimento científico.

Vale ressaltar que precisamos ter em mente que o aluno é um ser único, cada um possui sua individualidade (KELLY, 2003), e um estilo próprio de aprender. Cada indivíduo evolui através de um processo cognitivo próprio, em uma esfera de tempo muito particular. Diante disso, percebemos que um mesmo evento pode transcorrer rápido para um e lento para outro indivíduo. Tudo vai depender da sua percepção sobre o evento e da sua noção de tempo. Na criança isto é muito evidente. O tempo para a criança está relativo ao seu momento, ao que se passa no seu interior e ao seu redor.

Como professores, precisamos compreender essa noção de tempo que nossos alunos possuem e a noção de tempo que possuímos enquanto alunos também.

É comum encontrarmos em nosso dia a dia várias nomenclaturas ligadas ao tempo: tempo psicológico, tempo biológico, tempo individual, tempo econômico, entre outros, todos caracterizando a experiência que cada um dos seguimentos da sociedade, que produzem conhecimento, possuem do tempo (SILVA JÚNIOR, 2006).

Santos (2002) nos traz que hoje, na sociedade e nas grandes cidades, existem, de forma simultânea, dois tempos: o lento e o rápido. Quando nos encontramos presos em um congestionamento, por exemplo, percebemos a passagem do tempo de forma lenta, tendo a sensação de que a viagem está durando muito e de que a distância entre onde se está e aonde se quer chegar é maior do que realmente ela é.

Existem dois tipos de articulações sobre o tempo, segundo Elias (1998), o tempo físico e o tempo social, ligados, respectivamente, aos fenômenos físicos e a sua compreensão através do contexto social.

Quando falamos em tempo social, estamos relacionando a noção de tempo desenvolvida com base nas tarefas que realizamos, na interpretação que damos aos sinais temporais utilizados em nossa sociedade. É possível notar em nossa sociedade que os relógios são utilizados para indicar as horas, representando o tempo. Mas, é importante salientar que eles não são o tempo. A função do relógio é a de sincronizar as posições relacionadas à sequência de eventos (acontecimentos). Porém, ao invés de termos isso em mente, acabamos por utilizar expressões que distorcem a natureza real do tempo, como 'medir o tempo'.

Com relação ao tempo físico, temos várias concepções distintas. Newton (1990) tinha o tempo como absoluto por si mesmo, não estava relacionado a nenhum fator externo. Para ele, todos os indivíduos perceberiam o tempo da mesma forma. Essa é a ideia de tempo que a maioria de nós possui. Para Einstein (1994), o tempo depende de como cada observador o percebe em relação aos eventos. Se dois ou mais eventos são considerados simultâneos por um observador, isto é, se eles ocorrem no mesmo instante de tempo, para esse observador, eles necessariamente não serão considerados simultâneos para um segundo observador, se este estiver se movendo com velocidade constante em relação ao primeiro. Einstein concluiu que não existe um

tempo absoluto (único), pois o intervalo de tempo entre dois eventos irá variar de um observador inercial para outro.

A noção de tempo da criança ao adulto vai depender muito de como foi construída essa noção. Se desde criança, a noção for abordada considerando o tempo mecânico, sua concepção estará ligada à newtoniana. Por outro lado, se for trabalhado desde criança, que o tempo está ligado ao sistema de coordenadas adotado, e a como o observador o perceberá, sua noção de tempo será relativística.

### **2.3.2 A Inserção da Física no Ensino Fundamental**

Quando tratamos do Ensino da Física, percebemos que existe uma resistência por parte dos alunos, que, se pudessem não estudariam Física no Ensino Médio. Este sentimento pode ser devido à falta de interação com conceitos físicos no Ensino Fundamental, decorrente do pouco domínio desses conceitos, pelos professores de Ciências que ensinam nesse nível, que em sua maioria são formados em Biologia. Sendo assim, acabam dando mais ênfase aos conceitos biológicos. Segundo Silva *et al.* (2002, p. 244), “[...] o que parece acontecer em muitas escolas é que os professores de Física e Química não se interessam pelo Ensino Fundamental e os professores de Biologia não se interessam pelo ensino de Física e Química”.

Concordamos com Silva *et al.* (2002), e consideramos que a fonte do desinteresse pelo Ensino Fundamental, no caso dos professores de Física, pode ser a falta, nos currículos dos cursos, de uma disciplina que explore essa vivência no Ensino Fundamental.

Em nossa pesquisa, constatamos a existência da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, no curso estudado, voltada para escolas campo do Ensino Fundamental. Porém, quase não encontramos professores formados em Física lotados nessas escolas, o que constitui uma barreira para a inserção de outros professores. Iremos discutir essas questões no decorrer da pesquisa.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentaremos a abordagem metodológica utilizada, que teve como base teórica a Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly; com ênfase no Ciclo da Experiência de Kelly.

O capítulo será dividido em quatro tópicos: caracterização do tipo de pesquisa, caracterização dos sujeitos e do campo de pesquisa, instrumentos de pesquisa e procedimentos metodológicos.

A pesquisa foi realizada durante o Estágio de Docência I da pesquisadora, que é uma disciplina obrigatória do curso de Mestrado em Ensino das Ciências, para alunos bolsistas.

Escolhemos desenvolver a pesquisa na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, de um curso de Licenciatura em Física a Distância, de uma universidade pública brasileira, ligada ao sistema da Universidade Aberta do Brasil, visto que ela tinha como objetivo fazer com que os alunos refletissem sobre a prática da regência no Ensino Fundamental e na Educação de Jovens e Adultos (EJA), e executassem o planejamento didático que desenvolveram nas escolas campo. Desse modo, o objetivo da disciplina estava relacionado com o objetivo da nossa pesquisa.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA

Este trabalho possui uma abordagem qualitativa e utilizou a pesquisa exploratória, para obter familiaridade com o problema, na busca de aprimoramento de ideias e descobertas sobre o tema abordado, que podem auxiliar na formulação de problemas mais pontuais ou hipóteses que possam ser pesquisadas em estudos posteriores (GIL, 2008). Nesse tipo de pesquisa, a forma de planejar é mais maleável, e utiliza procedimentos, como: levantamentos bibliográficos e documentais, entrevistas e estudos de caso.

Com base nisso, considerando que esta pesquisa teve a união de vários aspectos inovadores, desde o conteúdo de Física escolhido, a Teoria da Relatividade,

com ênfase na noção de tempo relativístico, passando pela formação docente em um curso de Licenciatura em Física a distância, até a adoção de estratégias de ensino mais flexíveis, que possibilitem a introdução de inovações, a pesquisa exploratória foi o tipo de pesquisa que mais se enquadrou para alcançar nossos objetivos.

Ainda de acordo com Gil (2008), foi utilizada a pesquisa de campo como procedimento técnico, com o intuito de conseguir informações sobre o problema em questão.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS E DO CAMPO DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa foram licenciandos em Física de um curso a distância, oferecido por uma universidade pública brasileira, ligada ao sistema da Universidade Aberta do Brasil (UAB), que estavam cursando a disciplina Estágio Supervisionado IV. Essa disciplina foi oferecida no 7º período, que corresponde ao penúltimo período desse curso. Eles foram escolhidos porque nos interessa compreender como esses futuros professores constroem a noção de tempo relativístico, e como organizam atividades, para que alunos do 9º Ano do Ensino Fundamental e do Módulo V da EJA tenham contato com essa noção.

Dessa forma, participamos como tutora a distância da disciplina, para garantir um acompanhamento qualitativo dos alunos, tendo em vista que as atribuições do tutor a distância, segundo Brasil (2007), consistem em:

[...] Esclarecimento de dúvidas através de fóruns de discussão pela internet, pelo telefone, participação em videoconferências, entre outros, de acordo com o projeto pedagógico. O tutor a distância tem também a responsabilidade de promover espaços de construção coletiva de conhecimento, selecionar material de apoio e sustentação teórica aos conteúdos e, freqüentemente, faz parte de suas atribuições participar dos processos avaliativos de ensino-aprendizagem, junto com os docentes (p. 21).

Trabalhamos em conjunto com a professora docente, que permitiu o desenvolvimento desta pesquisa em sua disciplina, aceitando também nos orientar e avaliar o nosso Estágio de Docência I, que foi realizado na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV. Desse modo, trabalhamos os conteúdos dessa disciplina,

paralelamente com a pesquisa. Como o professor docente é responsável por organizar o plano da disciplina, todo o desenvolvimento da pesquisa foi norteado seguindo esse plano.

Optamos pela disciplina Estágio Supervisionado IV, porque em sua ementa verificamos que os alunos deveriam desenvolver suas atividades de estágio em turmas do Ensino Fundamental, e nosso objetivo foi analisar as mudanças na noção de tempo relativístico dos licenciandos e os aspectos relativos ao ensino dessa noção em turmas do 9º ano do Ensino Fundamental e do Módulo V da EJA, destacados por eles. Acompanhamos três, dos nove alunos da turma, às escolas campo. Optamos por esses alunos, por eles estagiarem em escolas campo localizadas em Recife. Duas dessas escolas foram particulares (turmas do 9º ano do Ensino Fundamental) e uma foi pública (Módulo V da EJA).

Utilizamos como critério para ordenar os sujeitos, o fato de estarem cursando a primeira graduação ou não. Assim, os sujeitos A1, A2, A3, A4 e A5 são os que estavam cursando a primeira graduação, enquanto os sujeitos B1, B2, B3 e B4 são os que já possuíam uma graduação, que é identificada na terceira coluna do Quadro 3.

Um resumo das características dos sujeitos desta pesquisa pode ser visto no Quadro 3, que é apresentado a seguir.

Quadro 3 – Caracterização dos Sujeitos da Pesquisa

Sujeito da Pesquisa	Idade	Sexo	Graduação	Turmas da Escola Campo / Instituição de Ensino
A1	32 Anos	Masculino	Primeira Graduação (Veio de um curso presencial de licenciatura em Física).	9º ano do Ensino Fundamental / Pública.
A2	35 Anos	Feminino	Primeira Graduação.	EJA do Ensino Fundamental / Pública.
A3	32 Anos	Masculino	Primeira Graduação (Veio de um curso presencial de licenciatura em Física).	9º ano do Ensino Fundamental / Particular.
A4	38 Anos	Masculino	Primeira Graduação.	EJA do Ensino Fundamental / Pública.
A5	55 Anos	Masculino	Primeira Graduação.	EJA do Ensino Fundamental / Pública.
B1	38 Anos	Masculino	Licenciatura em Matemática.	EJA do Ensino Fundamental / Pública.
B2	34 Anos	Feminino	Licenciatura em Biologia.	9º ano do Ensino Fundamental / Pública.
B3	49 Anos	Feminino	Licenciatura em Matemática.	9º ano do Ensino Fundamental / Pública.
B4	40 Anos	Masculino	Bacharelado em Sistema de Informação. (Veio de um curso presencial de licenciatura em Física).	9º ano do Ensino Fundamental / Particular.

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Diante do objetivo desta pesquisa, verificamos a importância de trabalhar com os seguintes instrumentos de pesquisa: três questionários, Vídeo, Observação, Fóruns, Mensagens e Entrevista.

Segundo Marconi e Lakatos (2003), o questionário é uma forma de coletar dados através de perguntas e respostas, que nos traz alguns benefícios: economia de tempo, possibilita a obtenção de um número maior de dados, atinge várias pessoas ao mesmo tempo, proporciona a obtenção de respostas mais rápidas e precisas, possibilita mais liberdade nas respostas, diminui o risco de distorções (pelo fato de não ter a influência do pesquisador), a avaliação é mais uniforme, visto que o instrumento é de caráter impessoal.

Quando utilizamos o Vídeo, para análise dos dados, ele nos dá a oportunidade de reviver o evento, de forma que nos possibilite observar elementos que ainda não havíamos notado. Através da Observação, é possível não apenas ver e ouvir, mas averiguar fatos ou fenômenos relacionados ao objeto de estudo. Esse instrumento de pesquisa é tido como um elemento básico na investigação científica e bastante empregado na pesquisa de campo, que consiste em um dos tipos de pesquisa que estamos utilizando (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Diante da modalidade de ensino que estamos trabalhando em nossa pesquisa, é extremamente importante ter os Fóruns e Mensagens nos auxiliando para colher os dados, visto que esses instrumentos nos permitem ter uma interação com o aluno em tempo real ou não, capaz de criar uma proximidade entre aluno e professor, que auxilia no processo de ensino aprendizagem.

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), a entrevista faz com que o pesquisador obtenha informações a respeito do tema tratado, através de uma conversação entre duas pessoas.

Quadro 4 – Relações para Análise dos Dados

Objetivos Específicos	Instrumentos de Pesquisa	Etapas do CEK
Identificar os aspectos relativos à noção de tempo, que são percebidos pelos licenciandos, antes e depois da vivência de uma Oficina.	Questionário 1, Vídeo e Questionário 2.	Antecipação, Investimento, Encontro, Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva.
Caracterizar as mudanças nas concepções dos licenciandos, sobre o processo de aprendizagem, após a vivência de uma intervenção baseada na Teoria dos Construtos Pessoais de Kelly.	Vídeo e Entrevista.	Encontro, Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva.
Identificar as ferramentas e os questionamentos mais ressaltados pelos licenciandos, durante a realização da disciplina.	Fóruns e Mensagens.	Revisão Construtiva.
Identificar os aspectos do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) que colaboraram para o processo de ensino aprendizagem.	Questionário 3 e Entrevista.	Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva.

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa foi organizada em oito etapas. A coleta de dados foi feita em um período de dez meses, de 01/02/2014 a 06/12/2014. Como não pudemos analisar os dados à medida que eram coletados, percebemos, posteriormente, que eles não eram suficientes para atingir os objetivos específicos. Sendo assim, marcamos um encontro presencial, após o término da disciplina, com os alunos, para realizarmos uma entrevista, e com isso completar as informações necessárias para atingir esses objetivos.

Antes de trazermos um detalhamento de todos os procedimentos utilizados, achamos pertinente mostrar um resumo deles, identificando as etapas do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) em que eles ocorreram, no Quadro 5.

Quadro 5 – Passo a Passo dos Procedimentos Metodológicos

Etapas	Procedimentos	Etapas do CEK
1	Aplicação de questionário para levantamento das ideias prévias dos alunos, sobre a noção de tempo dentro da Teoria da Relatividade Especial.	Antecipação.
2	Leitura de artigos sobre a noção de tempo e sobre a Teoria da Relatividade Especial.	Investimento.
3	Vivência de uma oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo.	Encontro.
4	Observação da socialização da vivência de sete alunos, dentre os nove, durante o estágio na escola campo.	Confirmação ou Desconfirmação.
5	Observação do estágio na escola campo, de três dos nove alunos. Lembrando que um desses alunos não participou da etapa da oficina.	Confirmação ou Desconfirmação.
6	Aplicação de questionário para verificar o que mudou depois da Leitura e da Vivência da Oficina.	Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva.
7	Aplicação de questionário sobre o Ciclo da Experiência de Kelly.	Revisão Construtiva.
8	Realização de entrevista com os nove alunos, para identificar como perceberam a maneira como trabalhamos com eles, em relação com o Ciclo da Experiência de Kelly.	Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como nossos sujeitos estudam na modalidade a distância, no início da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV (20/01/2014), o primeiro mês é para orientar o aluno no que consiste essa disciplina e esse tempo é dado para que ele organize todas as fichas necessárias e devidamente assinadas para o andamento da disciplina, isso através do ambiente virtual. O primeiro encontro presencial ocorreu 12 dias depois (01/02/2014), e foi nesse momento que falamos com os alunos sobre o trabalho que iríamos desenvolver e que precisávamos aplicar esse questionário.

A coleta de dados foi feita, a partir da primeira etapa do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), a Antecipação (01/02/2014), através da aplicação de um questionário junto aos licenciandos em Física, para verificar os conhecimentos prévios desses alunos,

sobre a Teoria da Relatividade Especial, visto que estávamos buscando verificar a noção de tempo relativístico que eles possuíam. Dos nove alunos, dois não compareceram a essa aula (Alunos A3 e B1), e responderam o questionário posteriormente (22/02/2014).

Na etapa do Investimento (03/02/2014 a 21/02/2014) foi solicitado aos alunos que fizessem a leitura de um material sobre a noção de tempo e sobre a Teoria da Relatividade Especial (WOLFF, 2005; EINSTEIN, 2005; RENN, 2004; LEMOS, 2001; VELARDE, 2002), para ampliar as informações sobre esses assuntos, antes de participarem da Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo. Esse material foi disponibilizado na sala virtual e, na primeira aula presencial (01/02/2014), foi entregue um CD-ROM a cada aluno, contendo esse material.

Na etapa do Encontro (22/02/2014), optamos por trabalhar com uma oficina, por considerarmos que, através da vivência dela, relacionada ao tema proposto, organizada com base na TCP de George Kelly, era possível discutir as concepções desses futuros professores em relação à noção de tempo relativístico. Outro objetivo da Oficina era o de sugerir ideias, para as aulas que seriam realizadas pelos alunos durante o estágio, em que uma delas deveria ser sobre a Teoria da Relatividade Especial.

A Oficina foi desenvolvida seguindo alguns passos:

- Iniciamos um diálogo com os alunos, para retomar os pontos principais apresentados nos textos propostos para leitura, visto que essa leitura estava associada à etapa do Investimento, tratada no Ciclo da Experiência de Kelly (CEK);
- Fizemos uma breve introdução, através de slides (exposição dialogada), sobre o surgimento da Teoria da Relatividade Especial, para possibilitar que os alunos fizessem comentários sobre o assunto;
- Através de orientações que íamos dando, baseadas no Anexo A, os alunos iam construindo e desenvolvendo a oficina, aproveitando para dialogar sobre suas vivências em sala de aula;
- Discutimos como medir o comprimento da nave em movimento, na segunda parte da Oficina;

- Após a parte prática da Oficina, os alunos foram relatando, através de diálogos, o que identificaram sobre a teoria.

Os alunos A4 e B4 não participaram desta etapa.

Após a etapa do Encontro, tivemos um novo encontro presencial (15/03/2014), no qual os alunos puderam socializar a sua vivência na escola campo de estágio. Duas alunas faltaram a esse encontro (B2 e B3). Através da observação dos relatos dos alunos, foi o momento de passar pela quarta etapa do Ciclo da Experiência de Kelly (Confirmação ou Desconfirmação).

Como a maioria dos alunos morava no interior do Recife, escolhi três alunos (A3, A5 e B4), que moravam em Recife, para acompanhar na escola campo de estágio, durante a realização da aula que abordasse a Teoria da Relatividade Especial.

Para obtermos informações sobre o processo de Confirmação ou Desconfirmação, aplicamos o Questionário 2 (22/03/2014 - ver Apêndice B) para verificar o que mudou depois da leitura dos artigos e da vivência da Oficina. Os alunos A5 e B1 não compareceram a esse encontro e mandaram as respostas do questionário por e-mail.

Após analisar todos esses procedimentos relatados acima, percebemos que ainda era necessária a aplicação do Questionário 3 (ver Apêndice C), para verificar se os alunos perceberam que durante todo o processo, estávamos baseando a nossa metodologia de aula no Ciclo da Experiência de Kelly (CEK). Esse Questionário 3 nos auxiliaria para analisar como estavam as etapas de Confirmação e Desconfirmação e a Revisão Construtiva. Como a disciplina já tinha sido concluída, o Questionário 3 foi enviado aos alunos por email e eles também nos enviaram a resposta por email. Como apenas cinco alunos (A1, A3, A4, B1 e B3) responderam ao Questionário 3, foi necessária a realização de uma entrevista (06/12/2014 - ver Apêndice D) com todos os alunos, para discutirmos a contribuição do CEK para o processo de ensino aprendizagem. A entrevista auxiliou na etapa da Revisão Construtiva.

Utilizamos para a análise dos dados, a teoria de análise de conteúdo de Bardin (1979). Em um dos métodos dessa análise, usamos a categorização, visto que agrupamos os dados em função dos elementos comuns entre eles. Dessa forma,

criamos categorias de análise, que visam reunir elementos comuns nas falas de cada aluno.

## **4 ANÁLISE DOS DADOS**

A análise dos dados foi realizada em função dos objetivos específicos. Assim, temos quatro seções relacionadas aos objetivos específicos e uma seção final para fazer a síntese dessas quatro seções iniciais e construir as informações para atingir o objetivo geral.

### **4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS RELATIVOS À NOÇÃO DE TEMPO PERCEBIDOS PELOS LICENCIANDOS, ANTES E DEPOIS DA VIVÊNCIA DE UMA OFICINA**

Para identificar os aspectos relativos à Noção de Tempo percebidos pelos licenciandos, antes e depois da vivência de uma Oficina, vamos analisar os resultados obtidos através dos Questionários 1 e 2, e do vídeo em que foi gravada a Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo (ver Anexo A).

#### **4.1.1 Análise do Questionário 1**

Utilizamos o Questionário 1 (Ver Apêndice A), composto por duas questões de natureza teórica, que remetem à ideia de Simultaneidade e suas características (Questão 1) e ao tempo e sua definição (Questão 2), e uma ligada à aplicação dessas ideias na prática (Questão 3), para identificar aspectos relativos à noção de tempo presentes na concepção dos licenciandos antes da vivência da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo. Apresentamos as categorizações obtidas a partir da leitura das respostas dadas a essas três questões, nos Quadros 6, 7 e 8.

Quadro 6 – Categorização das respostas à Questão 1, do Questionário 1  
 Questão 1: Para você o que é Simultaneidade? E quais suas características principais?

Categorias	Alunos	Frequência das respostas	%	Características da Simultaneidade	Alunos	Frequência das respostas	%
Eventos que ocorrem ao mesmo tempo.	A1, A2, A3, B2, B3	5	55,5	Ocorrência e mudança ao mesmo tempo.	A3	1	11,1
				Não sei quais são as suas características.	B2	1	11,1
				Em branco.	A1, A2, B3	3	33,3
Dois eventos que ocorrem ao mesmo tempo.	A5, B1, B4	3	33,3	Em branco.	A5, B1	2	22,2
				O observador tem um papel importante no tempo e na simultaneidade.	B4	1	11,1
Acontece ao mesmo tempo em espaços diferentes.	A4	1	11,1	Serem percebidas ao mesmo tempo.	A4	1	11,1
TOTAL	-----	9	100	TOTAL	-----	9	100

Fonte: Elaborado pela autora.

Com relação ao que seja Simultaneidade, a categoria que teve maior frequência de resposta foi a que considera que Simultaneidade corresponde a “eventos que ocorrem ao mesmo tempo”. Os alunos que deram essa resposta (A1, A2, A3, B2 e B3) ressaltam características diferentes dessa Simultaneidade. Assim, para A3, a Simultaneidade acontece quando eventos ocorrem e mudam ao mesmo tempo. É importante ressaltar que A3 não inclui o observador nessa questão. Portanto, sua concepção é de um tempo absoluto, que independe do observador. A aluna B2 relatou que não sabia quais eram as características da Simultaneidade, enquanto os alunos A1, A2 e B3 deixaram em branco a pergunta referente às características da Simultaneidade. Assim, enquanto B2 demonstra boa vontade de responder, mesmo para dizer que não conhece, os alunos A1, A2 e B3 não se deram ao trabalho de escrever alguma coisa.

Na segunda categoria, três alunos (A5, B1 e B4) relacionaram Simultaneidade a “dois eventos que ocorrem ao mesmo tempo”. Assim, diferentemente do grupo anterior, estes alunos enfatizam a quantidade de eventos, dois, mas não explicam porque o fazem. Com relação às características da Simultaneidade, apenas o aluno B4 disse que “o observador tem um papel importante no tempo e na Simultaneidade”. O fato de ele incluir o observador na questão aponta para uma visão relativa, que não podemos aprofundar, por falta de mais informações. Já os alunos A5 e B1, deixaram em branco a questão das características da Simultaneidade, apontando para um desconhecimento da questão.

O aluno A4 relaciona a Simultaneidade a algo que “acontece ao mesmo tempo em espaços diferentes”. Percebemos que este aluno não está totalmente ciente do conceito de Simultaneidade, pois os eventos não estão atrelados ao espaço, e sim, ao observador e ao movimento relativo a ele. Quando o sujeito A4 se refere às características da Simultaneidade, ele afirma que elas são “percebidas ao mesmo tempo”. Diante disso, podemos considerar que, indiretamente, ele está levando em conta o observador.

Após termos analisado as categorias referentes a esta questão, percebemos que os alunos A1, A2, A3, B2 e B3 colocaram a questão da Simultaneidade nos eventos em si, como se dependesse só dos eventos. Não citam de forma nenhuma o observador. O observador não tem importância. Essa ideia de o observador não ter importância, está ligada a uma visão tradicional, clássica, de tempo absoluto e espaço absoluto.

O Aluno B4 diz que o observador tem um papel importante, mas não diz qual é. Mas, isso nos dá um indício de que ele deve ter lido algo sobre Simultaneidade em uma visão relativística. Contudo, o que ele realmente sabe, não temos condições de dizer, a não ser que ele ressalta que precisa levar o observador em consideração.

Os sujeitos A5 e B1 pode-se dizer que estão na mesma situação de A1, A2, A3, B2 e B3. O fato de citarem que Simultaneidade são eventos ou dois eventos, não faz diferença.

O aluno A4, quando fala em espaços diferentes, quer dizer posições diferentes no espaço. E quando fala que a característica da Simultaneidade é “serem percebidas

ao mesmo tempo”, de forma indireta, ele está colocando o observador. É uma visão compatível com a relativística.

Simultaneidade não quer dizer que os eventos ocorram ou não ao mesmo tempo, e sim, que esses eventos são simultâneos para um observador, que os percebe ao mesmo tempo. E aí, depende desse observador, se ele está parado ou em movimento, a que velocidade, para onde ele se move, onde estão localizados esses eventos. Só os alunos A4 e B4 parecem chegar perto da noção de tempo relativístico, mas só com essas respostas não é possível concluir o que realmente eles pensam. Temos, apenas, um indício de que eles possam saber alguma coisa porque chamaram a atenção para o observador, e não apenas para o evento. Porém, eles podem ter falado essas coisas baseados em leituras, e não por terem uma concepção formada sobre o que seja Simultaneidade, assim como os demais alunos.

Após verificarmos a resposta de cada aluno a esta questão, percebemos que os alunos A4 e B4 se aproximam do que Tipler e Llewellyn (2006, p. 14) escrevem sobre Simultaneidade: “dois eventos que são simultâneos em um referencial, não são simultâneos em nenhum outro referencial inercial que esteja em movimento em relação ao primeiro”. Pois, implicitamente estão relacionando a Simultaneidade ao observador, e não ao evento.

Quando passamos para a Questão 2 deste questionário, ela nos possibilita ampliar a nossa identificação dos aspectos relativos à noção de tempo que esses licenciandos possuíam no início desta pesquisa. Dessa forma, chegamos à seguinte categorização, explicitada no Quadro 7.

Quadro 7 – Categorização das respostas à Questão 2, do Questionário 1

Questão 2: O que é tempo? Como você definiria o tempo?

<b>Categorias</b>	<b>Alunos</b>	<b>Frequência das respostas</b>	<b>%</b>	<b>Definição do Tempo</b>	<b>Alunos</b>	<b>Frequência das respostas</b>	<b>%</b>
Grandeza de medida.	A1	1	11,1	Forma de medir a contagem de eventos.	A1	1	11,1
Instantes marcados em diversas áreas.	A2	1	11,1	Modificações físicas do ambiente e das pessoas, do clima, do meio.	A2	1	11,1
Grandeza responsável pela mudança dos eventos.	A3	1	11,1	Capacidade de Mudança.	A3	1	11,1
Em branco.	A4	1	11,1	Em branco.	A4	1	11,1
É identificado a partir da observação de um evento cíclico.	A5	1	11,1	Em branco.	A5	1	11,1
Grandeza inerente no nosso meio.	B1	1	11,1	Interação que tem do movimento no espaço.	B1	1	11,1
É relativo.	B2	1	11,1	Não há divisão para o tempo, tudo ocorre ao mesmo instante.	B2	1	11,1
Momento em que algo aconteceu ou acontece.	B3	1	11,1	Em branco.	B3	1	11,1
Era usado para definir a duração de um evento.	B4	1	11,1	Depende da velocidade do observador e está diretamente relacionado com o espaço.	B4	1	11,1
<b>TOTAL</b>	-----	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	-----	<b>9</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Se fizermos uma observação geral do Quadro 7, perceberemos que a resposta de cada aluno constituiu uma categoria, permitindo-nos verificar que cada um pensa de uma forma diferente. Isso nos leva a concluir que, como professores, não podemos tratar os nossos alunos como se todos pensassem da mesma maneira, pois cada um tem sua forma própria de construção do conhecimento. Isso nos leva a constatar o que Kelly (2003) fala em seu Corolário da Individualidade, quando diz que o mesmo evento pode ser percebido de forma diferente por cada indivíduo.

O aluno A1 respondeu que o tempo é uma “grandeza de medida”, e o definiu como a “forma de medir a contagem de eventos”. Percebemos que ele considera o tempo como uma grandeza que possui diferentes unidades, mas sua definição não é clara.

A aluna A2 disse que o tempo são “instantes marcados em diversas áreas”, e o definiu como “modificações físicas do ambiente e das pessoas, do clima, do meio”. Com base nessas afirmações, concluímos que esta aluna relaciona o tempo com os demais acontecimentos que ocorrem no ambiente e com as pessoas, chegando a considerá-lo como responsável por algumas modificações. Entretanto, em nenhum momento fala do tempo enquanto uma grandeza física.

O aluno A3 relatou que o tempo é uma “grandeza responsável pela mudança dos eventos” e traz a sua definição como a “capacidade de mudança”. Percebemos que A3 associa o tempo a mudanças, porém, ao invés de considerar o tempo como uma grandeza que serve para acompanhar essas mudanças, ele considera o tempo como responsável pelas mudanças. O fato de o tempo passar, não necessariamente implica em que tenha que ocorrer uma mudança.

O aluno A4 deixou toda esta questão em branco, impossibilitando-nos de identificar aspectos relativos à sua noção de tempo.

O aluno A5 disse que o tempo “é identificado a partir da observação de um evento cíclico”, e deixou em branco a parte que pedia para definir o tempo. Nesse caso, o aluno associa o tempo à repetição de eventos.

Outra categoria foi a de que o tempo é uma “grandeza inerente no nosso meio”, e foi formada através da fala do aluno B1. Este mesmo aluno definiu o tempo como a

“interação que tem do movimento no espaço”. Não ficou claro para nós o que ele quis dizer com esta resposta.

A aluna B2 disse que o tempo “é relativo”, e o definiu da seguinte maneira: “não há divisão para o tempo, tudo ocorre ao mesmo instante”. Ela provavelmente quis dizer que não existe divisão entre passado, presente e futuro. Essa compreensão é diferente da apresentada na Teoria da Relatividade desenvolvida por Einstein (*apud* WHITROW, 2005), que relata que não existe uma dimensão absoluta do tempo para observadores em diferentes lugares. Logo, tudo que ocorre simultaneamente para um observador pode não ocorrer para outro observador.

A aluna B3 descreveu o tempo como o “momento em que algo aconteceu ou acontece”, e deixou em branco a parte da definição do tempo. Percebemos que B3 coloca que o tempo está ligado ao acontecimento de algo, ao evento em si. Essa maneira de pensar sobre o tempo deixa de lado o movimento relativo entre o observador e o instrumento que for utilizado para medir o tempo.

O aluno B4 relatou que o tempo “era usado para definir a duração de um evento”, e o definiu dizendo que “depende da velocidade do observador e está diretamente relacionado com o espaço”. Verificamos que B4 começa associando o tempo ao evento e que, quando parte para a definição, ele associa o tempo à posição e à velocidade do observador.

Após uma apresentação geral de como cada aluno compreendia o tempo, podemos constatar que nenhum deles deu uma definição clara sobre o tempo. Eles descrevem o tempo como uma dimensão absoluta para qualquer observador em qualquer referencial. Porém, Einstein (*apud* WHITROW, 2005) relata que para entender a Simultaneidade não podemos considerar o tempo como absoluto, pois cada observador o perceberá de uma maneira diferente. Mas, ao tratar da definição do tempo, verificamos que o aluno B4 se aproximou um pouco da noção de tempo relativístico.

A Questão 3 deste questionário nos permite verificar se os licenciandos conhecem algo sobre a Teoria da Relatividade e sobre a possibilidade de aplicá-la no cotidiano. Lembramos que, quando falamos de cotidiano, queremos nos referir às situações comuns no nosso dia a dia. Assim, estamos falando de distâncias pequenas

e velocidades pequenas, utilizando a geometria euclidiana. Enquanto isso, precisamos aplicar a Teoria da Relatividade quando utilizamos velocidades grandes e geometrias variadas (GUERRA; REIS; BRAGA, 2010). A partir da leitura das respostas, chegamos à seguinte categorização, explicitada no Quadro 8.

Quadro 8 – Categorização das respostas à Questão 3, do Questionário 1  
 Questão 3: É possível aplicar a Teoria da Relatividade no cotidiano e obter algum resultado observável?

<b>Categorias</b>	<b>Alunos</b>	<b>Frequência das respostas</b>	<b>%</b>
No mundo real sim, no cotidiano comum não.	A3, B1	2	22,2
Desconheço.	A1	1	11,1
Já ouvi falar da Teoria da Relatividade, mas não me recordo.	A2	1	11,1
Em branco.	A4	1	11,1
Sim. Por exemplo, o GPS.	A5	1	11,1
Há momentos em que o tempo passa mais rápido e em outros parece não passar.	B2	1	11,1
Depende do objetivo a que se destina.	B3	1	11,1
Partículas subatômicas que se movem com uma velocidade próxima à da luz têm seus movimentos descritos pela Teoria da Relatividade.	B4	1	11,1
<b>TOTAL</b>	-----	<b>9</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao realizarmos uma leitura do Quadro 8, verificamos que foi formada uma categoria por aluno, exceto uma, que foi formada por dois alunos. Mais uma vez

notamos presente, neste quadro de análise, a individualidade de cada indivíduo relatada por Kelly (2003).

Na categoria que teve a frequência de dois alunos, A3 e B1, eles responderam que é possível aplicar a Teoria da Relatividade “no mundo real”, mas não “no cotidiano comum”. Como não explicitaram o que constitui “o cotidiano comum” e sua relação com “o mundo real”, ficamos sem poder entender essa resposta.

O aluno A1 disse que desconhece a aplicabilidade dessa teoria no cotidiano, mas não nos fala porque acha isso, nem o que constitui esse cotidiano. Assim, não há como analisarmos a sua concepção sobre a Teoria da Relatividade.

A aluna A2 relatou que já ouviu falar dessa teoria, mas não se recorda. Percebemos que A2 tem o nome dessa teoria como algo familiar, mas que não se lembra do que consiste essa teoria.

O aluno A4 deixou a questão em branco. Isso nos impossibilita de verificar o que ele pensa sobre a Teoria da Relatividade.

O aluno A5 disse que é possível aplicar a Teoria da Relatividade no cotidiano e cita como exemplo o GPS. Entretanto, ele não explica que através do GPS você está ampliando o seu espaço no cotidiano, enviando informações via satélite e requerendo o uso de uma geometria diferente da geometria euclidiana, que é plana e não curva. Ele deve ter lido sobre esse assunto em algum texto ou visto em alguma reportagem.

A aluna B2 considera que é possível aplicar essa teoria no cotidiano, em algumas situações, e cita como exemplo que “podemos perceber que há momentos em que o tempo passa mais rápido e há momentos em que o tempo parece não passar”. A percepção que ela tem do tempo, não é de um tempo relativístico, mas sim uma sensação de tempo psicológico. Segundo Silva Júnior (2006), existem várias nomenclaturas ligadas ao tempo que fazem parte do nosso dia a dia, e uma delas é o tempo psicológico. Todas elas estão ligadas à experiência vivida por cada indivíduo, a qual contribuirá para a sua percepção sobre o tempo.

A aluna B3 relatou que a aplicação dessa teoria “depende do objetivo a que se destina”. Não ficou claro para nós o que ela quis dizer com esta resposta.

O aluno B4 falou sobre a Teoria da Relatividade, dizendo que “partículas subatômicas que se movem com uma velocidade próxima à da luz têm seus

movimentos descritos pela Teoria da Relatividade”, mas em nenhum momento ele estabelece uma relação entre esse exemplo e o cotidiano, nem diz se essa teoria poderia ou não ser aplicada no cotidiano. Ele deve ter lido sobre isso em algum texto ou visto em alguma reportagem.

De todos os alunos, percebemos que os que chegam mais perto do que trata a Teoria da Relatividade são os alunos B4 e A5. O primeiro não explica como aplicá-la ao cotidiano, enquanto o segundo relaciona a Teoria da Relatividade a algo presente no nosso cotidiano (GPS). Ambas as respostas parecem baseadas em leituras que eles já haviam feito sobre essa teoria, o que não demonstra um domínio sobre ela.

#### **4.1.2 Análise do Vídeo sobre a Oficina**

Tendo em vista que a Teoria da Relatividade é considerada pela maioria dos alunos como algo complicado e surreal, realizamos, após levantamento das ideias prévias destes alunos e da leitura de textos sobre a teoria, que sugerimos a eles, uma Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo (ver Anexo A). Para facilitar a nossa análise, optamos por gravá-la em vídeo.

Antes de iniciar a Oficina, fizemos uma breve explanação sobre o surgimento da Teoria da Relatividade Especial e sobre as concepções de Tempo Absoluto e Tempo Relativístico. A aluna B2 interagiu durante a explanação, tirando dúvidas sobre os fatores físicos que levam o observador a perceber os eventos. Ela conseguiu compreender que a posição, a direção e o sentido em que o observador se movimenta, em relação ao evento, influenciam diretamente em como ele perceberá esse evento. Essa compreensão ocorreu após o seguinte exemplo que apresentamos aos alunos.

##### **Exemplo: Simultaneidade.**

Suponha dois observadores em referenciais inerciais com velocidade relativa  $V$  (velocidade próxima à da luz).

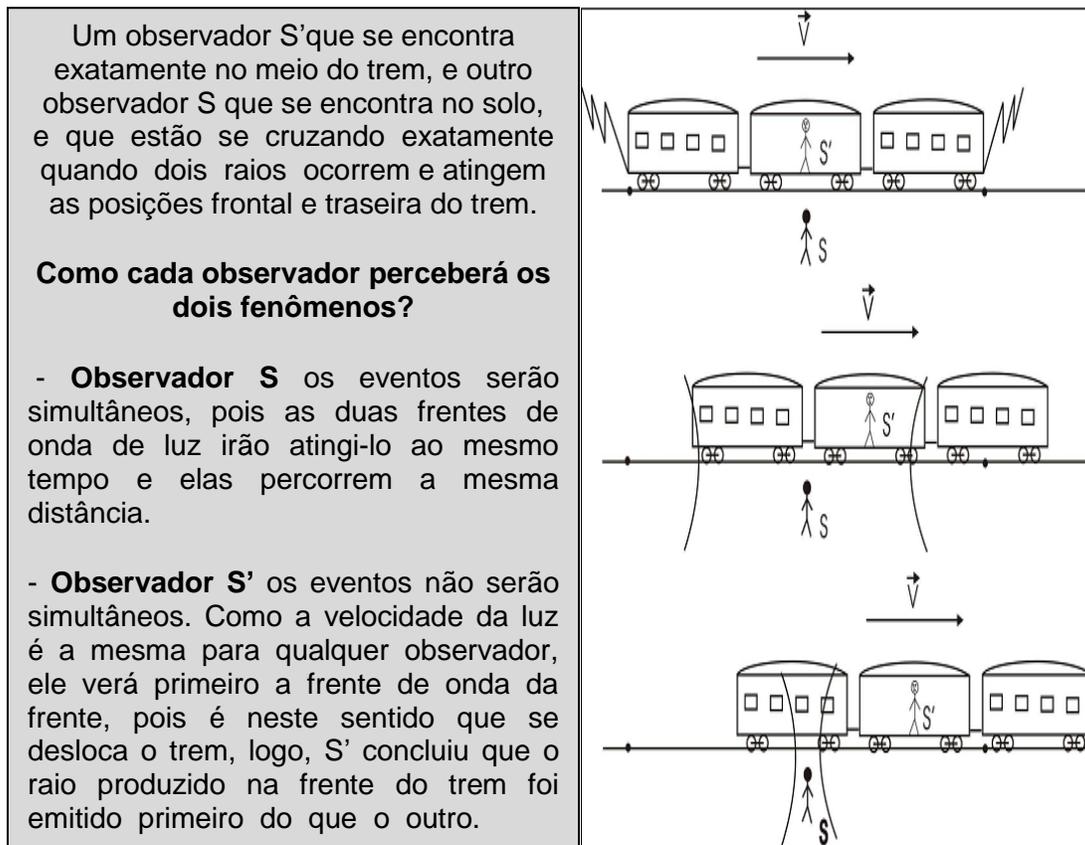


Figura 2 – Exemplo sobre Simultaneidade.  
Fonte: A autora, adaptado de Oliveira (2013).

Após a explicação sobre a teoria, iniciamos a Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo, que está dividida em duas atividades: 1) Organização do espaço e do tempo; 2) Observando eventos no espaço-tempo.

- Primeira Atividade: Organização do espaço e do tempo.

Iniciamos a construção da Oficina com os alunos montando o nosso sistema de referência. Utilizamos as cadeiras da sala para simbolizar os pontos no espaço. Os pontos foram igualmente espaçados nos dois eixos  $x$  e  $y$ , perpendiculares entre si, com distância de 1m entre si, ao longo de cada eixo. O fator de escala adotado nas duas direções foi  $1\text{m}/3 \times 10^8 \text{m}$ .

Foi sugerido aos alunos que colocassem seis cadeiras alinhadas, em uma direção paralela à parede da entrada da sala para formar o eixo  $x$ . Os alunos disseram

que não seria possível colocar seis cadeiras na horizontal com distância de 1m, pois acharam que nesse 1m não estava incluída a dimensão da cadeira. A aluna A2 não conseguia considerar a cadeira como um ponto. Mostramos a eles que deveriam considerar a cadeira como um ponto e que esse ponto poderia ser mais facilmente localizado em uma das pernas da cadeira, como na Figura 3, a seguir.

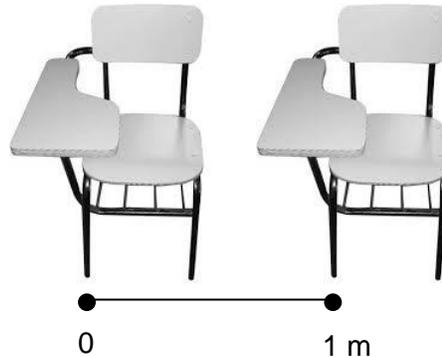


Figura 3 – Esquema da montagem do sistema de referência na horizontal.  
Fonte: A autora.

Os alunos verificaram a melhor forma de distribuir as cadeiras na sala para montar o sistema de referência. Eles utilizaram uma trena para realizarem as medições do espaço entre os pontos. Quando os alunos entenderam como mediriam a distância de uma cadeira (ponto) para outra, conseguiram interagir em conjunto e montaram o sistema de referência. O aluno A3 ficou com a trena fazendo as medições, enquanto os demais foram colocando as cadeiras nos devidos locais.

Depois que montaram as primeiras fileiras no piso da sala, pararam de medir com a trena e montaram as demais fileiras através da comparação visual entre as distâncias. Perguntamos se as distâncias entre os pontos escolhidos das cadeiras eram de 1 m, e o aluno A1 respondeu: “Perfeitamente não. Visualmente eu acho que tá. Tá um pra menos, um pra mais”. O aluno A3 disse que as medições estavam corretas. O aluno A1 disse que deveria existir uma margem de erro por conta da irregularidade das cadeiras. Falamos da importância de as distâncias entre os pontos equivalentes das cadeiras estarem aproximadamente iguais, para percebermos o que estávamos procurando.

Explicamos aos alunos a importância de em uma Oficina incentivarem todos os participantes a darem as suas contribuições, pois isso faz o indivíduo se sentir importante para o desenvolvimento da atividade, o que melhora a sua autoestima, fazendo-o refletir que ele é capaz, e é um passo importante para o desenvolvimento da sua construção cognitiva. Piaget (1976) afirma que a participação e manipulação nas atividades experimentais levam o indivíduo a compreender as etapas sucessivas da experiência, e fazem com que ele comece a construir o conhecimento científico.

Ao falarmos sobre isso, a aluna B2 desabafou e disse que deveria ser dito isso a alguns professores da instituição, à qual estão vinculados, que não pensam dessa forma e, não acreditam na capacidade que o aluno possui. Nesse momento, fizemos os alunos refletirem sobre sua prática para serem formadores diferentes dos que os estão formando. Dissemos que eles precisam entender que cada indivíduo é único (KELLY, 2003), que ele precisa se sentir capaz para dar continuidade ao seu processo de aprendizagem, que aulas diferenciadas do método tradicional podem contribuir para isso e para ajudar os alunos a quebrarem mitos de que a Física é difícil e de que não tem nenhuma ligação com o nosso cotidiano. Explicamos que precisamos mostrar para os nossos alunos que a Física é uma ciência, e não apenas cálculos.

As cadeiras ficaram organizadas em fileiras, perpendiculares entre si. Devido ao espaço físico da sala, foram colocadas seis cadeiras em uma direção e cinco na outra.

Construído o nosso sistema de referência, indagamos os alunos sobre quantas dimensões constituem o sistema de referência do espaço-tempo. O aluno B1 respondeu que “são quatro dimensões” e a aluna A2 respondeu que, pelo vídeo que somente ela viu, são quatro dimensões. Relatamos que só é possível enxergarmos três dimensões e a quarta, que é a do tempo, não é perceptível visualmente, como na Figura 4 a seguir.

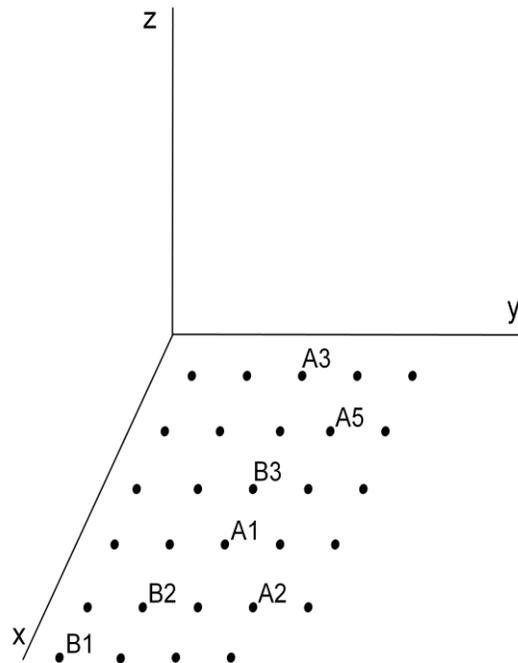


Figura 4 – Sistema de Referência do Espaço-Tempo.  
Fonte: A autora.

Para facilitar os cálculos, relatamos aos alunos que durante a Oficina só utilizaríamos duas dimensões (x e y), até porque eles poderiam desenvolver essa Oficina com os seus alunos do Ensino Fundamental, que utilizam mais as duas dimensões (x e y).

A professora executora da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV interrompeu, ao perceber que os alunos ainda estavam presos ao objeto concreto (cadeira), e não estavam considerando as cadeiras como pontos (representados pelos extremos das pernas dianteiras de cada cadeira). E ainda chamou a atenção deles para não ficarem presos às equações matemáticas existentes na Física, esquecendo dos conceitos físicos, visto que os alunos precisam entender o porquê e o pra quê dos cálculos.

Também frisamos que momentos como esse, de uma aula prática e experimental, são de suma importância para que o aluno compreenda o assunto que está sendo trabalhado, através de sua participação e interação na atividade desenvolvida.

Após esse momento, a aluna B2 disse que quando falamos em montar os pontos, do nosso sistema de referência, ela pensou em pontos representados por massinha de modelar. Ela perguntou se poderia utilizar a massinha de modelar, ao invés da cadeira, ou se teria que usar algum objeto que fizesse os alunos aguçarem a sua imaginação ao pensar naquele objeto como um ponto. Nós dissemos a ela que poderia ser utilizado qualquer objeto, desde que ele, ou parte dele, pudesse representar um ponto. Para isso, dissemos que poderia ser feito com: cadeira, massinha de modelar, tampa da garrafa pet, garrafa pet, entre outros. A ideia de utilizar a cadeira foi para que os alunos ficassem sentados durante a atividade, com sua posição facilmente determinada pelas coordenadas da perna dianteira direita da cadeira. Em outras situações, como por exemplo no caso da massinha de modelar, como colocaríamos o observador, para controlar sua posição?

Como a proposta para esses licenciandos era que trabalhassem a Teoria da Relatividade Especial no Ensino Fundamental, a aluna B2 achou essa analogia, da cadeira como um ponto, um pouco complicada para que os alunos do Ensino Fundamental compreendessem a Oficina. Ela disse o seguinte: “essa quebra de consenso é realmente complicada, não é mais cadeira é ponto”. Essa colocação da aluna B2 é importante para ressaltar que, quando estudamos Física, precisamos relacionar a realidade perceptível através de nossos sentidos, com conceitos teóricos invisíveis, a que podemos ter acesso apenas através de nossos pensamentos. Os alunos precisam começar a trabalhar com essa relação entre esses aspectos, aos poucos, explicitando suas dificuldades, para que o professor possa ajudar. No caso desta Oficina, a cadeira ajuda a visualizar o conjunto de pontos que constitui o sistema de referência.

Após os esclarecimentos das dúvidas sobre a montagem do sistema de referência, pedimos aos alunos para escolherem, aleatoriamente, uma cadeira e sentarem-se, tendo em mãos um relógio, uma caneta e uma calculadora. Vale salientar que, anteriormente, havíamos pedido aos alunos que levassem esses materiais para a aula. Relembramos que a distância da perna dianteira direita de uma cadeira para a perna dianteira direita de outra era de 1 m, mas estávamos utilizando um fator de

escala correspondente à distância percorrida pela luz em 1 s (pelo nosso fator de escala, cada metro corresponde a  $3 \times 10^8$  m).

A aluna A2 perguntou: “e se eu fizer em diagonal?”, respondemos que não faríamos em diagonal para facilitar os cálculos, senão teríamos que calcular a distância de um ponto a outro, que não seria mais de 1 m, e a nossa intenção era utilizar cálculos simples para facilitar a compreensão do aluno. Principalmente, porque o nosso objetivo foi de desenvolver uma oficina que esses licenciandos pudessem realizar com os seus alunos do Ensino Fundamental.

Pedimos que os alunos sincronizassem os seus relógios em 10 h e 10 min e entregamos uma folha de papel ofício ao aluno A3, que iria iniciar a atividade. Explicamos que o aluno iria anotar na folha de ofício a hora que estava marcando o seu relógio (que só seria utilizado nesse momento) e, em seguida, passaria essa folha para outro aluno, que anotaria na folha o instante em que a recebeu e falaria em voz alta (para que todos os outros alunos fossem acompanhando a passagem do tempo) e assim, sucessivamente.

Lembramos que essa medição é de acordo com a distância de um ponto a outro, e não pelo horário que está sendo marcado pelo relógio (de um ponto a outro o tempo gasto para enviar o papel é de 1s, supondo que esse papel estaria se movendo com a velocidade da luz). Só pedimos para todos sincronizarem os relógios porque não sabíamos qual aluno iria começar a atividade. Lembramos que só poderia passar a folha na direção x ou y, e que não, necessariamente, precisava passar para o aluno ao seu lado.

Quando, finalmente iniciamos essa parte da Oficina com o aluno A3, o seu relógio marcava 10 h e 15 min. Ele subiu um ponto na direção y, andou um ponto na direção x, e passou o papel ofício para o aluno A5, que ficou confuso ao ver que o horário que o aluno A3 marcou não era mais 10 h e 10 min (horário em que pedimos para sincronizarem os relógios), pois ele achava que teríamos que iniciar com o horário anterior. Explicamos que os relógios foram sincronizados nesse horário, mas que ao iniciarmos a atividade, já haviam se passado cinco minutos. Continuamos a atividade e o aluno A5 marcou o instante em que recebeu o papel: 10 h 15 min e 2 s.

Em seguida, ele se deslocou um ponto na direção y, andou um ponto na direção x, e passou o papel para a aluna B3, que marcou 10 h 15 min e 4 s. A aluna B3 passou para o aluno A1, que estava ao seu lado, que marcou 10 h 15 min e 5 s. Ele desceu um ponto na direção y e andou um ponto na direção x (de forma rápida e sem dar muita importância ao que estava fazendo), e passou para a aluna B2, que marcou 10 h 15 min e 7 s. A aluna B2 subiu dois pontos na direção y, e passou para a aluna A2, que marcou 10 h 15 min e 9 s. Ela desceu um ponto na direção y, andou um ponto na direção x, desceu dois pontos na direção y, e passou para o aluno B1 (fazendo o movimento de uma onda eletromagnética, que se propaga com a velocidade da luz  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300.000 \text{ km/s}$ , ao se deslocar de um ponto para o outro) que marcou 10 h 15 min e 13 s.

A seguir, na Figura 5, mostramos um esquema de como os alunos realizaram essa propagação de uma onda eletromagnética, que se desloca com a velocidade da luz.

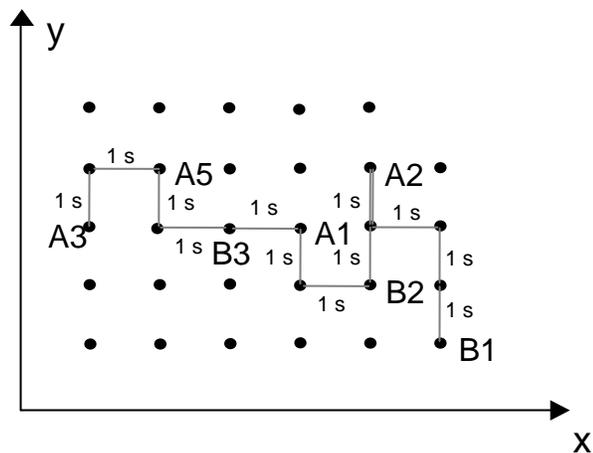


Figura 5 – Esquema de Propagação de uma onda eletromagnética na Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo.  
Fonte: A autora.

Encerrada essa parte da Oficina, perguntamos aos alunos o que esse movimento e marcação de tempo de um ponto a outro estava representando. O aluno B1 respondeu que queríamos representar “a velocidade com que as informações chegavam”. O aluno A3 relatou “se demorasse mais a entregar o papel e a escrever, a

velocidade vai aumentando através da velocidade da luz quando ela percorre esse espaço”. Ele não conseguiu perceber que ao passar o papel de um aluno para o outro o intervalo de tempo correspondente era de 1s. Dessa forma, explicamos aos alunos que a folha de papel ofício estava representando uma informação enviada através de uma onda eletromagnética, que se propaga com a velocidade da luz,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300.000 \text{ km/s}$ .

Após essa explicação, a aluna A2 expressou o que compreendeu dessa parte da Oficina, dizendo: “é como se fosse um raio de luz que tivesse passando em câmera lenta, e nós estivéssemos vendo o caminhar dela por esse papel”. Quando ela fala “passando em câmera lenta”, percebemos a noção que ela possui do valor da velocidade da luz que não nos permite acompanhá-la, e que através da Oficina foi possível acompanhar a trajetória dessa onda, através do uso do fator de escala para o espaço entre as cadeiras.

O aluno B1 nos traz o seguinte relato:

Essa questão relativa estaria associando, a mais ou menos dizer que, independente do tempo marcado, ou seja que a informação chegou para nós, diante disso aqui não foi esse tempo (ele aponta para o tempo marcado no papel) que importou, mas sim foi cada tempo de momento que antecede essas informações. Talvez aí onde entrou essa relação espaço-velocidade que a gente costuma dizer, entrelaçado de informações que eu estava vendo passar.

Dialogamos com ele sobre a sua fala e percebemos que ele quis mostrar que, ele, como um dos observadores dessa propagação da onda eletromagnética, considerou o tempo não de forma mecânica (cronometrado no relógio), mas de forma relativa, baseada nas distâncias entre as posições dos sujeitos, que recebiam e reenviavam os sinais e no valor da velocidade da luz (desprezando o tempo gasto para fazer a anotação no papel).

Finalizamos essa primeira atividade da Oficina frisando para os alunos a importância de um sistema de referência para orientar a trajetória dessa propagação da onda eletromagnética e sobre a sincronização de relógios, em que cada observador, para ter seu relógio sincronizado com o relógio daquele que enviou o sinal, deve levar em consideração o tempo gasto para a onda percorrer a distância entre as posições dos dois. Por isso, ao receber o papel, cada observador anotava o instante em que o

recebeu, adicionando ao último registro o tempo gasto para o sinal percorrer esse último trecho. Assim, se dois sinais fossem enviados simultaneamente para dois locais, com a mesma velocidade de propagação, eles chegariam simultaneamente somente se as distâncias desses locais à fonte fossem iguais.

Caso os sinais fossem enviados a observadores em movimento, a recepção dependeria, além da posição, do valor e direção de suas velocidades. Essa preocupação com a sincronização dos relógios é devida à compreensão de que a luz não possui uma velocidade de propagação infinita. Como consequência, o intervalo de tempo entre dois eventos observados depende não apenas dos eventos em si, mas da posição e do movimento do observador.

A aluna B2 acrescenta que conseguiu perceber que essa parte prática da Oficina representou o que relatamos anteriormente na explanação da Teoria da Relatividade, no exemplo dado sobre os vagões, que se encontra na Figura 4.

Podemos perceber na reação dos alunos o que Kelly (1970) fala no Corolário da Experiência, isto é, que o indivíduo ao passar pelo Ciclo da Experiência começa a revisar e reconstruir as suas construções pessoais, de forma que esse sistema de construção do indivíduo vai passando por uma evolução progressiva.

Após um breve resumo de tudo que havíamos vivenciado até aquele momento, os alunos A2, A3, B1 e B2 começaram a externar sua vivência em sala de aula e a dar contribuições sobre como poderia ser organizada uma aula sobre a Teoria da Relatividade.

O aluno B1 iniciou relatando que estava lecionando em uma turma no terceiro ano do Ensino Médio, que começou a trabalhar com eles sobre a Teoria da Relatividade e que alguns de seus alunos pediram que ele trouxesse exemplos práticos da teoria para uma melhor compreensão do conceito. Ele falou de sua dificuldade para preparar uma aula com exemplos práticos sobre a teoria, e esperava que a vivência dessa Oficina que realizamos pudesse ajudá-lo nessa construção das aulas. Ele gostou da Oficina, mas achou que se a trabalhasse com os seus alunos, ainda não seria suficiente para entender uma teoria que se mostra um pouco abstrata, por trabalhar com a velocidade da luz que é muito grande.

Ainda acrescentou que pensou em trabalhar com os alunos através de informações dadas através da fala, para mostrar que um iria receber a informação em um tempo e o outro aluno em outro, e iria mostrar que tudo depende do referencial (de onde o observador se encontra). Porém, falamos para ele que essa atividade poderia confundir os alunos porque nesse caso haveria a questão da velocidade do som, que ainda é muito grande para se perceber a diferença (340 m/s).

Através das falas dos alunos apresentadas acima, percebemos a importância de dialogar uns com os outros e expor nossas ideias. Durante e após a vivência da Oficina, os alunos começaram a interpretar o que o outro sujeito construiu e passaram a desempenhar um papel social envolvendo a outra pessoa através de suas contribuições dadas a este sujeito e aos demais. Isso é o que Kelly (2003) destacou no Corolário da Sociabilidade.

Após uma análise geral dessa primeira atividade da Oficina, é possível verificar que o desenvolvimento da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo trouxe mudanças nas concepções dos licenciandos A2, A3, B1 e B2, sobre como poderiam trabalhar a Teoria da Relatividade com os seus alunos, de forma que eles conseguissem compreender os conceitos que essa teoria traz, relacionados a exemplos e aulas práticas. Notamos que esses licenciandos, através da Oficina, passaram a comparar o que achavam com o que vivenciaram, para dessa forma conseguirem testar as suas hipóteses (KELLY, 1970).

Com relação aos alunos A1, A5 e B3, não tivemos como perceber se houve mudanças nas suas concepções, pois eles não externaram nenhuma opinião ou dúvida até aquele momento.

Analisaremos, a seguir, a segunda atividade da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo.

- Segunda Atividade: Observando eventos no Espaço-Tempo.

Nessa segunda atividade da Oficina, os alunos iriam observar um evento dentro do espaço-tempo que eles criaram. Dessa forma, montamos, dentro desse espaço-tempo, uma nave espacial, representada por um barbante, cujo comprimento possuía

cinco unidades ao longo de um dos eixos do espaço-tempo, como pode ser visto na Figura 6, a seguir.

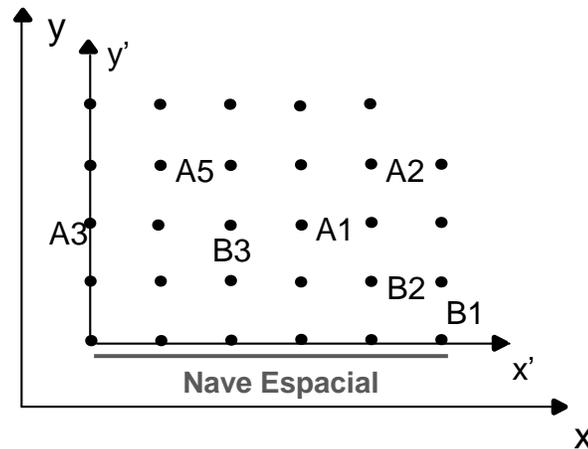


Figura 6 – Montagem da Nave Espacial.  
Fonte: A autora.

Feita a representação da nave espacial, através de um barbante esticado de um ponto a outro, o aluno A5 perguntou se era para imaginar que esse barbante representava a nave ou o percurso dela. Dissemos que o barbante representava a nave. Dissemos aos alunos que era difícil olhar para um barbante esticado e imaginar que ele é uma nave, mas pedimos que eles fizessem um esforço. A aluna A2 disse que “imaginando agora que ela está parada ficou melhor”.

Pedimos para eles imaginarem que esses pontos formavam uma plataforma e que essa nave estava estacionada nela. Explicamos que essa atividade estava sendo desenvolvida para que eles entendessem as ideias ligadas à Teoria da Relatividade, que ficam mais claras quando utilizamos certos valores de velocidade relativa, que simplificam os cálculos.

Distribuímos folhas de papel pautado, para que os alunos pudessem realizar os cálculos, conforme íamos dando as informações. Estabelecemos que essa nave se movimentaria nesse espaço-tempo com velocidade constante  $v = c/2$  e, em repouso, seu comprimento seria de  $L_0 = 1.500.000 \text{ km} = 1,5 \times 10^6 \text{ km}$ . Para facilitar os cálculos, trabalhamos com  $L_0 = 5c \text{ km}$  (lembramos que o valor da velocidade da luz é  $c = 3 \times 10^5$

km/s, assim  $5 \times 3 \times 10^5$  (esse valor representado por  $c$ ) corresponde a  $15 \times 10^5$  que é igual a  $1,5 \times 10^6$  km).

Pedimos que eles calculassem a distância percorrida pela nave ao longo da plataforma, a distância percorrida pela luz e pela nave para um observador fixo na plataforma, o intervalo de tempo medido pelo passageiro da nave e por um observador fixo na plataforma e o comprimento da plataforma para um observador fixo na plataforma e para um passageiro da nave. Lembrando que precisa relacionar as coordenadas de posição e tempo para um observador fixo na nave e um fixo na plataforma, baseado na seguinte situação:

- Suponhamos que um passageiro da nave envia um feixe de luz para ser refletido no teto da nave e voltar para o ponto de partida. Uma pessoa na plataforma vai observar o feixe fazendo uma trajetória diferente. Consideremos a velocidade da nave igual a  $c/2 = 150.000$  Km/s, em relação ao sistema de referência fixo na plataforma, e que a nave gasta 10 s enquanto o feixe se movimenta, em relação ao sistema de referência fixo na plataforma.

Fornecemos a eles as fórmulas das transformações de Lorentz e fomos dialogando e realizando os cálculos em conjunto. Os alunos foram ajudando uns aos outros a entenderem como cada observador percebia a trajetória desse feixe de luz. Todos os passos e cálculos realizados com eles, durante essa segunda atividade da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo, encontram-se no Anexo A.

Todos os alunos participaram dessa parte da atividade e mostraram ter compreendido os cálculos e a teoria empregada para realizá-lo. Porém, a fala do aluno A3 chamou a nossa atenção. Ele veio do curso presencial para o curso em EAD, e relatou que nunca havia entendido os cálculos, referentes à Teoria da Relatividade, até aquele momento da Oficina. Os cálculos ficaram tão claros para ele, após essa vivência de toda a Oficina, que ele foi até o quadro para mostrar como ele calculou. Em seu relato, ele fala que agora foi que conseguiu compreender as diferenças entre as medidas feitas por um observador dentro da nave e um observador fora da nave.

Kelly (1970) nos relata, no Corolário da Experiência, que o processo de aprendizagem ocorre em um ciclo que ele denomina de Ciclo da Experiência. E que o indivíduo ao realizar uma interpretação sucessiva e reconstrução dos acontecimentos através dessa experiência, faz com que o seu sistema de construção passe por uma evolução progressiva. Através das repetições dos eventos, o indivíduo vai fazendo interpretações que se transformarão em uma ponte para que novos construtos venham a ser formados ou reformulados (KELLY, 2003).

Ao escolhermos valores numéricos que simplificam os cálculos, demos condições ao aluno A3, que já havia tido contato anteriormente com a Teoria da Relatividade durante o curso presencial, de estabelecer relações entre as observações feitas por quem estava na nave e por quem estava na plataforma, no decorrer da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo.

#### **4.1.3 Análise do Questionário 2**

Utilizamos o Questionário 2 (Ver Apêndice B), composto por três questões de natureza reflexiva, centradas nas mudanças viabilizadas pela participação na Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo, sobre o conceito de tempo (Questão 1), compreensão da Teoria da Relatividade Especial (Questão 2) e compreensão da Simultaneidade, de forma mais específica (Questão 3), para analisar as mudanças nas concepções dos licenciandos sobre o tempo. A partir da leitura das respostas dadas a essas três questões, chegamos às categorizações, explicitadas nos Quadros 9, 10 e 11.

Quadro 9 – Categorização das respostas à Questão 1, do Questionário 2  
 Questão1: Após a vivência da Oficina, como você passou a considerar o conceito de tempo?

<b>Categorias</b>	<b>Alunos</b>	<b>Frequência das respostas</b>	<b>%</b>
Não alterou o meu conceito inicial.	A1	1	14,3
Com olhos mais atentos.	A2	1	14,3
Que o tempo não é absoluto, mas próprio de cada observador.	A3	1	14,3
Não é absoluto.	A5	1	14,3
Deixei de acreditar que esse assunto só poderia ser feito em ensino superior.	B1	1	14,3
O tempo pode ser mais complexo ou mais simples, conforme o analisamos.	B2	1	14,3
Que é relativo.	B3	1	14,3
TOTAL	-----	7	100

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao observar o Quadro 9, é possível verificar que a resposta de cada aluno formou uma categoria e que os alunos A4 e B4 não foram citados, porque não participaram da vivência da Oficina, logo não podemos avaliá-los nesta questão. Mais uma vez notamos presente o Corolário da Individualidade, proposto por Kelly (2003), o qual descreve que “Pessoas diferem umas das outras nas suas construções de eventos”. Dessa forma, percebemos o quanto cada pessoa é única e que cada uma possui a sua individualidade.

O aluno A1 disse que a vivência da Oficina não alterou o seu conceito inicial, que era considerar a Simultaneidade como algo ligado ao evento, e não ao observador. E ele define o tempo como uma “forma de medir a contagem de eventos”.

A aluna A2 relatou que, após a Oficina, passou a enxergar o conceito de tempo “com olhos mais atentos”, mas não explicou o que isso quer dizer. Assim, não é possível verificar se a sua noção de tempo teve alguma mudança.

O aluno A3 afirmou “que o tempo não é absoluto, mas próprio de cada observador”. Verificamos que após a vivência da Oficina, o aluno A3 passou a entender que, para a Teoria da Relatividade, o conceito de tempo depende do observador, e não do evento em si. Dessa forma, é possível constatar que ele começa a perceber o que Einstein (1994) já relatava, que o tempo depende de como cada observador irá percebê-lo em relação aos eventos.

O aluno A5 relatou que o tempo “não é absoluto”, porém não temos como saber se ele percebeu que a noção de tempo relativístico está atrelada ao observador.

O aluno B1 descreve que, após a vivência da Oficina, deixou “de acreditar que esse assunto só poderia ser feito em ensino superior”. Ele verificou, através das atividades realizadas durante a Oficina, que existe a possibilidade de trabalharmos a Teoria da Relatividade em um nível mais simples.

A aluna B2 disse que “o tempo pode ser mais complexo ou mais simples, conforme o analisamos”. Esta resposta parece indicar que a aluna reconheceu nossa maneira de trabalhar como mais simples.

A aluna B3, depois da vivência da Oficina, registrou que o tempo é relativo, mas não explicitou como.

Após a análise da resposta de cada sujeito a esta questão, verificamos que, para um dos alunos (A1), a vivência da Oficina não foi o bastante para acarretar mudança em seu conceito inicial sobre o tempo, enquanto para os outros seis ocorreram algumas mudanças, porém alguns deles não conseguiram expressar de forma que nos permitisse ter uma conclusão sobre os aspectos relativos à noção de tempo que mudaram. Contudo, o aluno A3 nos mostrou que conseguiu entender em que consiste a noção de tempo relativístico. E o aluno B1 percebeu que a Teoria da Relatividade pode ser aplicada e percebida em outras modalidades de ensino, e era isto que queríamos que esses alunos entendessem, pois nossa proposta era que eles trabalhassem essa teoria no Ensino Fundamental.

Quando passamos para a Questão 2 deste questionário, ela nos possibilita relacionar as mudanças ocorridas na noção de tempo desses licenciandos, à compreensão que eles adquiriram sobre a Teoria da Relatividade Especial através da participação na Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo. Em seguida, temos a categorização das respostas dadas a essa questão, explicitada no Quadro 10.

Quadro 10 – Categorização das respostas à Questão 2, do Questionário 2  
 Questão 2: A Oficina o ajudou a compreender a Teoria da Relatividade Especial? De que maneira?

<b>Categorias</b>	<b>Alunos</b>	<b>Frequência das respostas</b>	<b>%</b>	<b>De que maneira?</b>	<b>Alunos</b>	<b>Frequência das respostas</b>	<b>%</b>
Pouco.	A1	1	14,3	Em branco.	A1	1	14,3
Sim.	A2, A3, A5, B1, B2, B3	6	85,7	Desmistificando um pouco a Teoria da Relatividade Especial.	A2	1	14,3
				Na percepção de que um evento não é único, mas é interpretado de várias formas por variados observadores.	A3	1	14,3
				Na comparação com a relatividade clássica.	A5	1	14,3
				Mostrou que podemos usar experimentos simples, sem a necessidade de laboratórios especiais.	B1	1	14,3
				Tornando ela mais simples.	B2	1	14,3
				Que “tudo” é relativo.	B3	1	14,3
TOTAL	-----	7	100	TOTAL	-----	7	100

Fonte: Elaborado pela autora.

Antes de iniciarmos a análise, é importante lembrar que os alunos A4 e B4 não participaram da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo.

Ao fazermos uma leitura geral do Quadro 10, é possível perceber que, dos sete alunos que participaram da Oficina, só o aluno A1 achou que ela ajudou pouco na compreensão da Teoria da Relatividade. Os demais alunos (A2, A3, A5, B1, B2 e B3) disseram que a Oficina ajudou a compreender a Teoria da Relatividade, e cada um deles o fez através de um aspecto diferente. Esses diferentes aspectos, identificados por cada aluno durante a realização da Oficina, reforçam o que Kelly (2003) nos diz no Corolário da Individualidade, ou seja, que um mesmo fenômeno observado ao mesmo tempo por várias pessoas será percebido de forma diferente por cada indivíduo.

A aluna A2 relatou que “foi muito bom participar da oficina porque desmistificou um pouco a Teoria da Relatividade Especial, porém ainda precisa aprofundar mais o estudo desse conteúdo”. Em sua fala, percebemos que só a Oficina não foi suficiente para ter uma compreensão do que a Teoria da Relatividade Especial tratava, mas que ajudou a ter um novo olhar sobre a teoria. Porém, não temos informações sobre o conteúdo desse olhar.

O aluno A3 disse que a Oficina ajudou a perceber que um mesmo evento pode ser interpretado de várias formas, pois depende do observador. Ele começa a perceber a individualidade de cada sujeito (KELLY, 2003), associando-a ao papel de cada observador, ressaltado pela Teoria da Relatividade Especial.

O aluno A5 relatou que a Oficina ajudou “na comparação com a relatividade clássica”. Esta resposta pode indicar que esse aluno não entendia a diferença entre a Teoria da Relatividade de Einstein e a visão de movimento relativo a um sistema de referência, como percebido pela Física Clássica.

O aluno B1 disse que a Oficina ajudou mostrando “que podemos usar experimentos simples, sem a necessidade de laboratórios especiais”. Ele conseguiu perceber que é possível trabalhar com a Teoria da Relatividade, inserindo um fator de escala em uma região determinada, que explicita os efeitos relativísticos sobre o espaço e o tempo. Assim, ressaltamos a importância de ensinar de forma contextualizada, abordando a teoria em situações que permitam verificar as características dos fenômenos estudados pelo aluno (PORLÁN, 1998).

A aluna B2 relatou que a Oficina ajudou tornando a Teoria da Relatividade mais simples de ser compreendida. Porém, ela não registrou como a ajudou, impossibilitando-nos de avançar nesta análise.

A aluna B3 disse que a Oficina a ajudou a compreender “que ‘tudo’ é relativo”. Porém, a teoria não afirma que tudo é relativo, pois existem coisas que são absolutas. A falta de mais detalhes na resposta nos impede de fazer uma análise mais aprofundada.

É possível perceber que, para o aluno A1, não houve ou houve muito pouca mudança na sua concepção sobre a Teoria da Relatividade. Não podemos afirmar com certeza, pois a resposta que ele deu não foi suficiente para chegar a uma conclusão.

Os alunos A2, A3, A5, B1 e B2 nos mostraram que a vivência da Oficina trouxe mudanças nas suas concepções sobre a Teoria da Relatividade. O aluno A3 nos mostra que compreendeu a questão de que a relatividade não trabalha com uma visão absoluta das coisas, porém não especificou ao que algo é relativo. Porlán (1998) nos fala que os saberes baseados na experiência levam à interação entre professor-aluno e aluno-aluno, de forma que as ideias desenvolvidas pelo professor contribuirão para o processo de ensino aprendizagem, levando o aluno a começar a perceber aspectos relativos ao que está sendo estudado.

A Questão 3 deste questionário procura identificar as contribuições da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo para a compreensão da Simultaneidade. A categorização das respostas está apresentada no Quadro 11, a seguir.

Quadro 11 – Categorização das respostas à Questão 3, do Questionário 2  
 Questão 3: O que você compreendeu sobre a Simultaneidade dentro da Teoria da  
 Relatividade Especial?

<b>Categorias</b>	<b>Alunos</b>	<b>Frequência das respostas</b>	<b>%</b>
Eventos que ocorrem ao mesmo tempo, mas em naturezas distintas.	A1	1	11,1
Precisa estudar mais.	A2	1	11,1
Que o tempo e o espaço estão interligados.	A3	1	11,1
Em branco.	A4	1	11,1
Que a simultaneidade é relativa a um referencial.	A5	1	11,1
Conseguiu observar por experimento bem simples que a real simultaneidade existe e pode ser provada, no qual vários fatos estão ocorrendo simultaneamente.	B1	1	11,1
Que um mesmo acontecimento pode ser observado de diferentes formas, dependendo do observador e em relação a quem estamos comparando esses dois.	B2	1	11,1
Que como o tempo é relativo, ele pode apresentar-se simultâneo ou não.	B3	1	11,1
Dois eventos podem ser percebidos ou registrados por observadores diferentes. O observador tem um papel fundamental na teoria da relatividade.	B4	1	11,1
TOTAL	-----	9	100

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao observarmos o Quadro 11, de uma forma geral, podemos perceber que a resposta de cada um dos alunos formou uma categoria. Mais uma vez constatamos a individualidade de cada indivíduo relatada por Kelly (2003). Vamos analisar o que cada

um compreendeu sobre a Simultaneidade, lembrando que os alunos A4 e B4 não participaram da Oficina.

O aluno A1 disse que são “eventos que ocorrem ao mesmo tempo, mas em naturezas distintas”. Dois eventos serão simultâneos, se um observador perceber os dois ao mesmo tempo (TIPLER; LLEWELLYN, 2006). Percebemos que o aluno ainda está centrado no evento em si, e não no observador. E não ficou claro para nós o que ele quis dizer com “naturezas distintas”.

A aluna A2 relatou que precisa “estudar mais”. Sua resposta não foi suficiente para identificarmos se ela compreendeu o conceito de Simultaneidade.

O aluno A3 disse “que o tempo e o espaço estão interligados”. Ele chegou a essa conclusão de que o tempo e o espaço, para a Teoria da Relatividade, estão entrelaçados. Porém, não falou o que compreendeu sobre a Simultaneidade.

O aluno A4, que não participou da Oficina, deixou a resposta em branco, impossibilitando-nos de chegar a uma conclusão sobre o que ele possa ter compreendido ou não, através de interações com os alunos que participaram.

O aluno A5 relatou “que a Simultaneidade é relativa a um referencial”. Considerando que cada referencial pode ser associado a um observador, podemos concluir que ele compreendeu que a Simultaneidade está relacionada ao observador, e não ao evento em si.

O aluno B1 disse que, através da Oficina, conseguiu perceber que a Simultaneidade existe e pode ser provada através de experimentos simples, “no qual vários fatos estão ocorrendo simultaneamente”. Percebemos que a Oficina ajudou a mostrar para ele que é possível desenvolver experimentos simples que demonstrem a existência da Teoria da Relatividade e da Simultaneidade. Porém, quando ele fala que “vários fatos estão ocorrendo simultaneamente”, ele fala do evento ser simultâneo por si só em relação a outro, não colocando o observador como o foco da questão.

A aluna B2 relata “que um mesmo acontecimento pode ser observado de diferentes formas, dependendo do observador e em relação a quem estamos comparando esses dois”. Ela conseguiu compreender que a Simultaneidade está ligada ao observador e ao sistema de referência em que ele se encontra em relação ao evento.

A aluna B3 disse “que como o tempo é relativo, ele pode apresentar-se simultâneo ou não”. Percebemos que, indiretamente, ela considera o observador. E passou a compreender que o tempo não é universal (absoluto), e sim relativo à percepção de cada observador.

O aluno B4 relata que “dois eventos podem ser percebidos ou registrados por observadores diferentes. O observador tem um papel fundamental na Teoria da Relatividade”. Ele conseguiu compreender a importância que um observador tem na Teoria da Relatividade, mas não ligou isso à Simultaneidade.

Analisando as respostas dos licenciandos sobre a Simultaneidade, tendo em mente que essa Questão 3, do Questionário 2, foi respondida após as leituras e discussões sobre a Teoria da Relatividade e a vivência da Oficina, concluímos que o aluno A1 não apresentou mudanças em sua concepção sobre a Simultaneidade, continuando a considerar o evento como o foco desse fenômeno.

Com relação aos alunos A2 e A4, não tivemos como identificar se houve mudanças nas suas concepções sobre a Simultaneidade.

Os alunos A3 e B1, apesar de darem indícios de mudanças nas suas concepções sobre a Simultaneidade, mostraram que ainda não compreenderam como ela funciona.

O aluno B4, apesar de ter percebido a importância do observador na Teoria da Relatividade, ainda não conseguiu identificar sua relação com a Simultaneidade. Lembremos que ele não participou da Oficina, mas ele já lecionava no Ensino Médio sobre a Teoria da Relatividade e participou dos fóruns no Ambiente Virtual sobre esse tema.

Os alunos A5, B2 e B3 conseguiram compreender que a Simultaneidade está ligada ao observador. Se analisarmos as concepções anteriores desses alunos, constatamos que foram construindo o conhecimento científico sobre a Teoria da Relatividade ao longo da vivência da Disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV. Antes, eles consideravam a Simultaneidade como algo atrelado ao evento e no decorrer da disciplina passaram a compreender que a Simultaneidade está ligada ao observador, assim como descrito por Tipler e Llewellyn (2006). Percebemos, através do Corolário da Modulação, descrito por Kelly (2003), que esses alunos permitiram que o

seu sistema de construção se tornasse permeável para que alterações fossem surgindo e construindo novos construtos.

#### 4.1.4 Síntese

Com base nas respostas dadas às Questões 1, 2 e 3 do Questionário 1, na análise do Vídeo que registrou a Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo e nas respostas dadas às Questões 1, 2 e 3 do Questionário 2, iremos verificar se houve alguma mudança na noção de tempo dos alunos depois da vivência da Oficina. Os resultados são apresentados no Quadro 12, a seguir.

Quadro 12 – Comparação entre a Noção de Tempo antes e depois da Vivência da Oficina

Alunos	Noção Antes	Noção Depois
A1	Tempo Absoluto.	Tempo Absoluto.
A2	Tempo Absoluto.	Reconhece que precisa olhar com mais atenção para a Teoria da Relatividade.
A3	Tempo Absoluto.	O tempo não é absoluto, mas próprio de cada observador.
A4	Indícios de uma visão relativística.	Não participou da Oficina.
A5	Tempo Absoluto.	O tempo não é absoluto.
B1	Tempo Absoluto.	Consegue perceber que a Teoria da Relatividade pode ser trabalhada em outras modalidades de ensino.
B2	Tempo Absoluto.	Sua visão não ficou clara.
B3	Tempo Absoluto.	O tempo é relativo.
B4	Visão Relativística.	Não participou da Oficina.

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao fazermos uma leitura geral do Quadro 12, percebemos que cinco alunos (A2, A3, A5, B1 e B3) apresentaram indícios de que, após a vivência da Oficina, algumas

mudanças ocorreram nas suas formas de pensar sobre o tempo, na direção de uma perspectiva relativística. Contudo, iremos analisar aluno por aluno, para verificar o que mudou, e se mudou algo sobre a forma de considerar o tempo.

O aluno A1, desde a aplicação do Questionário 1, deu poucas informações quando solicitado, permitindo apenas suposições sobre o que pensa. Assim, nas respostas a esse questionário, referiu-se à Simultaneidade sem relacioná-la aos observadores, nem apontando nenhuma característica; identificou o tempo como mais uma grandeza utilizada para medir, no caso, para medir a "contagem de eventos", e afirmou desconhecer aplicações da Teoria da Relatividade no cotidiano. Com base nessas informações, concluímos que A1 considera o tempo como absoluto. Durante a Oficina, na parte inicial de montagem do espaço-tempo com as cadeiras, deixou de medir as distâncias entre as cadeiras e passou a colocá-las com base em sua percepção visual. Ainda tentou justificar sua falta de cuidado, afirmando que "deveria existir uma margem de erro por conta da irregularidade das cadeiras". Ao término da 1ª parte da Oficina, não externou nenhuma opinião ou dúvida. Após a vivência da Oficina, afirmou que não houve nenhuma alteração no seu conceito inicial de tempo, que a Oficina o ajudou pouco a compreender a Teoria da Relatividade, deixando em branco a resposta sobre a maneira como ajudou. Com relação à Simultaneidade, sua compreensão passou a ser: "eventos que ocorrem ao mesmo tempo, mas em naturezas distintas". Diante dessa última resposta, podemos concluir que algumas mudanças estão ocorrendo, mas não estão organizadas o suficiente para serem identificadas pelo próprio aluno A1, que assumiu que sua noção sobre o tempo permanece a mesma, caracterizada por nós como uma perspectiva absoluta.

A aluna A2 nos mostrou que considerava o tempo como absoluto e disse que se recordava de já ter ouvido falar da Teoria da Relatividade, mas desconhecia a teoria em si. Após a vivência da Oficina, A2 disse que precisava olhar para a Teoria da Relatividade com mais atenção, mas em nenhum momento relatou como passou a considerar a noção de tempo. Diante dessa resposta, é possível perceber que a Oficina foi suficiente apenas para despertar sua necessidade de estudar a Teoria da Relatividade, para então rever sua noção de tempo.

O aluno A3 possuía uma visão de tempo absoluto. Ele acreditava que o tempo era responsável pelas mudanças. Entretanto, o fato de o tempo passar não significa que haverá mudanças. O tempo pode acompanhar essas mudanças. Este aluno sabia da existência da Teoria da Relatividade, mas não acreditava que fosse possível aplicá-la no cotidiano. Depois de participar da Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo, o aluno A3 relatou que o tempo não era absoluto, mas próprio de cada observador. Percebemos que sua concepção sobre o tempo mudou e ele passou a considerar o tempo em uma perspectiva relativística, visto que passou a considerar o observador, começando a entender o que Einstein (1994) apresentou em sua teoria.

O aluno A5 possuía uma concepção de tempo absoluto e mostrou, através da sua resposta à Questão 2 do Questionário 1, que sua concepção não tinha ligação com a ideia de tempo relativístico. Na Questão 3, do mesmo questionário, notamos que quando ele fala que o GPS é um exemplo de aplicação da Teoria da Relatividade no cotidiano, ele está baseado em uma informação obtida em leituras que possa ter feito sobre esse assunto, porém não compreendeu a relação com essa teoria. Após a vivência da Oficina, ele relata que o tempo não é absoluto, dando indícios de que sua concepção sofreu mudanças na direção de uma perspectiva relativística.

Ao analisarmos as respostas do sujeito B1, no Questionário 1, notamos que considerava o tempo como absoluto e que, mesmo ciente da existência da Teoria da Relatividade, não acreditava que fosse possível a sua aplicação no cotidiano. Contudo, após participar da Oficina, ele relata que através dela “retirou uma falsa compreensão que tinha, na qual acreditava que esse assunto só poderia ser feito em ensino superior”. Podemos constatar que a Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo, o ajudou a começar a compreender a Teoria da Relatividade, e que era possível demonstrá-la para outras modalidades de ensino. O fato de termos conversado um pouco sobre a Teoria da Relatividade antes da Oficina, fez com que ele tivesse contato com a teoria. Porém, só passou a perceber a possibilidade de ensinar essa teoria a outras modalidades de ensino e a compreendê-la melhor, após a manipulação feita na Oficina, na construção do sistema de coordenadas e da nave espacial.

Com isso, verificamos a importância de desenvolver aulas que levem o aluno a construir o conhecimento através da manipulação dos materiais, levando-o a romper

com obstáculos epistemológicos que possam existir, ampliando a sua forma de pensar, de modo que construa o conhecimento científico, assim como descreve Piaget (1976).

A aluna B2 considerava o tempo como absoluto e afirmou que o tempo não possui divisão entre o passado, o presente e o futuro para a Física. Ela pode ter lido sobre isso em algum texto ou reportagem à parte do que foi sugerido que os alunos lessem. Notamos que ela, ou desconhece ou não lembra que existe a linha do tempo. Após a vivência da Oficina, ela afirmou que “o tempo pode ser muito mais complexo ou mais simples, conforme o analisamos”. Esta resposta não ficou clara para nós. Mas, notamos que em nenhum momento, nem antes e nem após a Oficina, ela cita o observador, o que nos leva a entender que sua visão sobre o tempo ainda é absoluta.

A aluna B3, no início da análise, relacionou o tempo ao evento, e não ao observador, mostrando que possuía uma concepção de tempo absoluto. Depois que participou da Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo, ela passou a considerar o tempo como relativo, só não falou relativo a quê. Entretanto, percebemos que houve alguma mudança em sua noção de tempo, pois ela já não considerava mais o tempo como absoluto. Segundo Porlán (1998), é muito importante o desenvolvimento dos saberes baseados na experiência, pois além de contribuírem para a interação professor-aluno e aluno-aluno, contribuem para o processo de ensino aprendizagem. Além disso, atividades como esta da Oficina fazem parte da metodologia regida pela legislação da EAD, que estabelece a obrigatoriedade de momentos presenciais que estejam ligados a estágios obrigatórios, atividades relacionadas a laboratórios de ensino, entre outros (BRASIL, 2005, Art 1º, § 1º).

O aluno A4 não participou da Oficina. Porém, através das interações no Ambiente Virtual e nos encontros presenciais, ele poderia, mesmo sem ter participado da Oficina, ter respondido à questão sobre a Simultaneidade. Mas, deixou essa questão sem resposta. Dessa forma, não tivemos como verificar mudanças em sua noção de tempo.

O aluno B4, apesar de não ter participado da Oficina, respondeu à questão sobre Simultaneidade, permitindo-nos verificar que ele considerava o observador como primordial para a Teoria da Relatividade, nos aspectos ligados à Simultaneidade. Desse modo, apresentou indícios de uma noção de tempo relativística.

O aluno A3 já tinha conhecimento da Teoria da Relatividade, visto que já havia participado de uma iniciação científica e já havia cursado a disciplina de Introdução à Relatividade, quando estudou no curso de licenciatura em Física, na modalidade presencial. A princípio, apesar de ter tido essa vivência acadêmica, ele não havia compreendido alguns aspectos da Teoria da Relatividade. Porém, após participar da Oficina ele percebeu que o tempo não era absoluto, e sim próprio de cada observador. O fato de já conhecer a Teoria da Relatividade não garantiu que ele conseguisse perceber que o tempo não é absoluto. Foi necessário rever o que já sabia e o que passou a saber sobre essa teoria, para que sua concepção sobre o tempo se aproximasse de uma perspectiva relativística. Segundo Kelly (1970), o nosso sistema de construção passa por uma evolução progressiva, cada vez que revisamos e modificamos nossas construções pessoais.

Verificamos que o fato de os alunos B1, B2, B3 e B4 possuírem outra graduação, respectivamente em: Licenciatura em Matemática, Licenciatura em Biologia, Licenciatura em Matemática e Bacharelado em Sistema de Informação, não contribuiu para a construção de uma noção de tempo relativístico. Embora, eles tenham cursado disciplinas de Física, constatamos que não possuíam uma perspectiva relativística do tempo e que a perspectiva absoluta que possuíam somente sofreu algumas mudanças após a vivência da Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MUDANÇAS NAS CONCEPÇÕES DOS LICENCIANDOS, SOBRE O PROCESSO DE APRENDIZAGEM, APÓS A VIVÊNCIA DE UMA OFICINA

Para caracterizar as mudanças nas concepções dos licenciandos, sobre o processo de aprendizagem, vamos analisar os resultados obtidos através do Vídeo sobre a Oficina e da Entrevista.

### 4.2.1 Análise do Vídeo sobre a Oficina

A aluna B2 foi a primeira a interagir com a pesquisadora, durante a explanação realizada antes de iniciar a Oficina sobre A Cinemática do Espaço-Tempo, a respeito do

surgimento da Teoria da Relatividade Especial e as concepções de Tempo Absoluto e Tempo Relativístico, com foco nos fatores físicos que levam o observador a perceber os eventos. Em seguida, a pesquisadora apresentou um exemplo sobre Simultaneidade (ver Figura 2, p. 67), que possibilitou à aluna B2 identificar a posição, a direção e o sentido em que o observador se movimenta, em relação ao evento, como determinantes para essa percepção.

Após a explanação sobre a teoria, foi iniciada a organização do espaço e do tempo, através da montagem do sistema de referência. Durante essa atividade, os alunos sentiram dificuldade de arrumar as cadeiras, de modo que elas ficassem espaçadas entre si de 1 metro, pois surgiram dúvidas sobre qual ponto considerar na cadeira. A aluna A2 pensou que a cadeira inteira deveria ser considerada como um ponto e não aceitou isso. Os alunos também discutiram a questão do fator de escala, que seria utilizado no sistema de referência, para explicitar os efeitos relativísticos. Desse modo, houve interação entre os alunos ao longo da organização do sistema de referência que seria utilizado durante a Oficina.

A pesquisadora também aproveitou o momento de montagem do sistema de referência, para fazer comentários a respeito das implicações das atividades realizadas, para o processo de aprendizagem dos participantes. A aluna B2 comparou aquele momento a outros, vivenciados durante o curso de licenciatura, e ressaltou que alguns professores não se preocupam com isso e não acreditam na capacidade dos alunos. A pesquisadora continuou fazendo comentários sobre a aprendizagem dos alunos e as ideias de Kelly (2003).

Após a construção do sistema de referência, houve um diálogo sobre o número de dimensões do espaço-tempo, do qual participaram os alunos B1 e A2. Também participou da atividade a professora executora da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, que notou que os alunos ainda estavam presos ao objeto concreto, sem considerá-los como pontos. A aluna B2 também participou, dizendo que pensou em utilizar massinha de modelar para representar os pontos. É interessante observar que essa aluna atua no Ensino Fundamental e que sua preocupação foi tornar visível o invisível, ao invés de tentar criar uma situação que leve os alunos a refletirem sobre as ideias que estão sendo utilizadas.

Após os alunos ocuparem algumas cadeiras do nosso espaço-tempo, foi iniciada a atividade de enviar sinais, utilizando uma folha de papel, que servia para materializar um feixe luminoso, que passava de um observador para outro. Começamos, então, a discutir a questão da sincronização, pedindo que todos os alunos ajustassem seus relógios para 10h10min. Em seguida, demos as instruções sobre como faríamos para enviar sinais no nosso espaço-tempo, lembrando do fator de escala.

Assim, inicialmente todos ajustaram seus relógios de uma maneira convencional, isto é, todos receberam a informação ao mesmo tempo, através de uma onda sonora, cujo tempo gasto para sair do emissor e chegar aos receptores foi desprezível. Em seguida, foi entregue uma folha de papel ofício ao aluno A3, que anotou o horário que o seu relógio estava marcando e enviou a folha para outro aluno.

A partir desse momento, a atividade de sincronização dos relógios seria feita através do sinal, enviado por uma onda eletromagnética, que gastaria 1 segundo para percorrer 1 metro no nosso espaço-tempo. No nosso caso, essa onda estava representada pela folha de papel, que era enviada de um aluno para outro. Desse modo, durante essa atividade, os participantes teriam que lidar ao mesmo tempo com uma realidade visível e com a representação desejada.

Iniciando a atividade, o aluno A3 anotou no papel a hora marcada no seu relógio, que já havia sido sincronizado anteriormente com os demais, e passou o papel para o aluno A5. Este deveria anotar no papel a hora em que o recebeu, a partir da verificação do espaço percorrido pelo papel, e passá-lo adiante. Dessa maneira, o aluno A5 ficou surpreendido com a anotação feita por A3 (10h15min ao invés de 10h10min), o que indicou que A5 não entendeu para quê foi feita a sincronização inicial.

Os alunos foram dando sequência à atividade, e ao final a aluna A2 passou o papel para o aluno B1, representando o movimento de uma onda eletromagnética. Percebemos, durante a vivência da Oficina, que A2 e B1 iam dialogando com o grupo no decorrer da Oficina e iam expondo o que estavam entendendo sobre toda a atividade.

Ao final dessa parte da Oficina, a pesquisadora perguntou aos alunos o que a passagem do papel de um aluno para o outro e a marcação de tempo estavam representando. O aluno B1 foi o primeiro a responder, tendo associado o movimento do

papel à propagação das informações de um ponto a outro. Ele colocou o que compreendeu, ao perceber que ele, na Oficina, era um dos observadores da propagação da onda eletromagnética, passando a perceber o tempo não estava ligado a um relógio (tempo mecânico), mas estava baseado nas distâncias entre os sujeitos que estavam recebendo e enviando os sinais, que tinham uma velocidade de propagação igual à velocidade da luz ( $3 \times 10^8$  m/s), de modo que, considerando o fator de escala para o espaço, cada metro na sala equivaleria a  $3 \times 10^8$  m, e o sinal levaria 1 segundo para percorrer essa distância.

Em seguida, o aluno A3 respondeu que a velocidade de propagação estava relacionada ao tempo que cada aluno levava para escrever a informação do intervalo de tempo no papel. Percebemos que ele não compreendeu que o intervalo de tempo marcado, ao passar o papel de um aluno para o outro, era de 1 segundo, ou múltiplo de 1 segundo, em função da distância percorrida pelo papel. Nessa atividade, não estávamos considerando o tempo gasto para escrever a informação no papel. Nosso foco era apenas no tempo gasto para sair de um lugar e chegar a outro. Desse modo, explanamos aos alunos que, através do movimento de passar a folha de papel ofício, queríamos representar o envio de uma informação através de uma onda eletromagnética. Nesse momento, a aluna A2 falou que compreendeu essa parte da Oficina, comparando à propagação de um raio de luz em câmera lenta. Notamos que, ao trazermos essa representação da propagação de uma onda eletromagnética, fazendo uso de um fator de escala, contribuímos para que a aluna conseguisse perceber algo que, sem esse fator de escala para o espaço percorrido, não seria possível, devido ao altíssimo valor da velocidade da luz. A aluna B2 relatou que percebeu que essa primeira atividade da Oficina estava representando na prática o que havíamos estudado, anteriormente, sobre Simultaneidade, no exemplo com os vagões (Figura 4). É possível constatar o que Kelly (1970) afirma no Corolário da Experiência, que ao revisar e reconstruir as nossas construções, vamos permitindo que o nosso sistema de construção passe por uma evolução progressiva, que contribui para o processo de aprendizagem.

Ao realizarmos um breve resumo de tudo que vivenciamos até aquele momento, os alunos A2, A3, B1 e B2 passaram a relatar sobre a sua vivência em sala de aula, as

suas dificuldades sobre como desenvolver aulas sobre a Teoria da Relatividade, e externaram opiniões de como poderia ser desenvolvida uma aula sobre essa teoria. Percebemos que ao dialogarem uns com os outros e expor suas ideias para todos os alunos, eles passaram a refletir e interpretar a construção feita pelo outro, passando a desempenhar um papel social ao envolver o outro em suas contribuições, auxiliando no processo de aprendizagem uns dos outros. Constatamos que isso é o que Kelly (2003) afirma no seu Corolário da Sociabilidade.

Como os alunos A1, A5 e B3 não expressaram nenhuma opinião ou dúvida, nessa primeira atividade da Oficina, não tivemos como identificar se houve alguma mudança nas suas concepções sobre o processo de aprendizagem.

Ao passarmos para a segunda atividade da Oficina, os alunos tiveram a oportunidade de observar um evento dentro do espaço-tempo que eles criaram, através da montagem de uma nave espacial feita utilizando o espaço-tempo que construímos com as cadeiras (ver Figura 8).

O aluno A5 perguntou se era para imaginar que o barbante que estava esticado de um ponto a outro das cadeiras, tratava-se da representação de uma nave ou do percurso dela. Explicamos que o barbante representava a nave, e que os pontos (formados pelas cadeiras) representavam a plataforma na qual a nave estava estacionada. Após essa explicação, a aluna A2 disse que era possível imaginar esse barbante como uma nave, ao pensar que ela estava parada. Em seguida, realizamos alguns cálculos com os alunos sobre essa segunda parte da atividade, em que percebemos que os alunos iam ajudando uns aos outros a fazer e a compreender os cálculos que estavam fazendo sobre a Teoria da Relatividade. O aluno A3 afirmou que, após essa segunda atividade da Oficina, ele conseguiu compreender os cálculos referentes à Teoria da Relatividade, os quais não havia entendido quando cursou a disciplina de Introdução à Relatividade na modalidade presencial, acarretando em mudanças em sua concepção sobre o processo de aprendizagem.

#### 4.2.2 Análise da Entrevista

Realizamos uma Entrevista (Apêndice D), com os licenciandos, em busca de averiguar a concepção deles sobre todas as atividades desenvolvidas, durante a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, sobre a Teoria da Relatividade Especial. Das oito perguntas utilizadas na entrevista, selecionamos três para nos ajudar a verificar se houve ou não mudanças nas concepções dos licenciandos sobre o processo de aprendizagem.

É importante citar que o aluno A4 não participou desta etapa.

Analisaremos primeiro as respostas dadas à Questão 6: Como você se sentiu durante toda a vivência da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV e as atividades que teve que desenvolver?

O aluno A1 relatou que já havia trabalhado com a Teoria da Relatividade, de forma bem básica, em sala de aula. Ele disse que gostou da Oficina, que foi bem trabalhada e que os cálculos que fizemos foram simples. Porém, seria melhor se essa vivência tivesse sido em conjunto com a disciplina de Física Moderna.

Como realizamos a entrevista no semestre seguinte ao da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, ele acabou falando um pouco sobre como foi a vivência da disciplina de Física Moderna. Ele relatou que não chegou a estudar cem por cento do conteúdo sobre tempo relativístico durante a disciplina de Física Moderna, que trabalharam na disciplina com muito resumo, até por uma questão de tempo, e concluíram o curso sem ter um embasamento teórico aprofundado na área de Física Moderna.

Ele acrescentou que a parte de Relatividade ficou para a terceira verificação de aprendizagem, e como nem todos os alunos precisaram ir para essa etapa, ficaram sem estudar esse assunto. Ele não trabalhou, em suas aulas, a Teoria da Relatividade, porque na escola em que desenvolveu o estágio, os alunos ainda não tinham estudado a disciplina de Física, e provavelmente só o fariam no próximo semestre. Como a professora regente estava abordando conteúdos de Química, e ele não podia atrapalhar o cronograma da professora, optou por trabalhar com a parte de espectrometria, porque podia abordar os espectros dos elementos químicos, relacionando com a tabela

periódica. Dessa forma, ele conseguiu unir a Física com a Química. Ele acrescentou que, se os alunos tivessem estudado algum conteúdo de Física, seria possível abordar algo relacionado à Teoria da Relatividade.

A aluna A2 disse que, se a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV tivesse sido no mesmo período da disciplina de Física Moderna, o aproveitamento teria sido melhor e mais fácil. Ela relatou que utilizou algumas coisas que desenvolvemos com eles na disciplina, e aplicou na turma dela de quinto ano do Ensino Fundamental. E trabalhou com os alunos do segundo ano do Ensino Fundamental, sobre a noção de tempo relativístico, sem falar que era esse tema e sem se aprofundar muito na teoria.

O aluno A3 relatou que o fato de já conhecer o tema abordado, ter lido os materiais sugeridos e ter participado da Oficina, foram suficientes para preparar as aulas sobre a Teoria da Relatividade.

O aluno A5 falou que a dificuldade que teve, foi no nível de abordagem da aula que teria de desenvolver para os seus alunos, no sentido de “poder motivar e chamar atenção de quem nunca viu nada... e acha que é só loucura”. Ele se preocupou em desenvolver uma aula que estimulasse e chamasse a atenção dos alunos.

O aluno B1 expôs que teve dificuldades para compreender o tema e falou sobre as dificuldades encontradas em um curso a distância, com relação ao tempo, que é curto para consolidar todas as informações necessárias para o aprendizado. Ele relata o quanto gostou da Oficina e o quanto ela contribuiu para o seu aprendizado, pois através dela ele conseguiu entender os cálculos, ligados às questões relativísticas, devido a essa relação que desenvolvemos da teoria com a prática.

A aluna B2 relatou que, após a vivência da Oficina, ficou mais fácil para preparar a aula sobre a Teoria da Relatividade para os seus alunos, pois através dessa abordagem prática, foi possível compreender melhor a teoria. Ela aproveitou tudo que vivenciou na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, para pensar e montar aulas sobre esse tema para trabalhar com seus alunos. Ela falou que nas turmas de Ensino Fundamental, tentou associar a teoria à noção que cada um tem, de que para determinadas coisas o tempo parece passar mais rápido e para outras, mais devagar. Notamos que nesse ponto, ela confunde a Teoria da Relatividade com o tempo psicológico (SILVA JÚNIOR, 2006), que cada um de nós possui. Nas turmas do Ensino

Médio, ela abriu uma discussão para ver qual a noção de tempo que eles possuíam, e depois passou um vídeo, para mostrar aos alunos a diferença entre o tempo newtoniano e o tempo na visão de Einstein.

A aluna B3 falou que, através da Oficina, conseguiu perceber que era realmente possível trabalhar na prática com a Teoria da Relatividade. Ela falou que teve um pouco de dificuldade para preparar as aulas e compreender a Oficina sobre esse tema, porque a preparação que ela teve sobre a teoria não foi relacionando com a parte prática, foi mais teórica. E por conta disso, ficou meio perdida no início, mas depois conseguiu compreender e desenvolver as aulas.

O aluno B4 relatou que, a princípio, trabalhar com uma turma do Ensino Fundamental foi um desafio para ele, principalmente por ter que abordar com eles a Teoria da Relatividade. E ele estava acostumado a trazer essa abordagem para o terceiro ano do Ensino Médio, pois não acreditava que alunos do Ensino Fundamental pudessem compreender esse tema. Porém, ao desenvolver esse trabalho com alunos do Ensino Fundamental, através da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, ele se surpreendeu ao ver que os alunos tinham um conhecimento prévio sobre o assunto e foram muito participativos durante a aula. Ele falou do quanto essa experiência foi enriquecedora para ele como professor, e que ele acredita que nós, como professores, deveríamos ser expostos a trabalhar em situações como essa, que nunca trabalhamos, para enriquecer mais a nossa experiência profissional.

É possível perceber que cada aluno, em sua particularidade, conseguiu aprender grandes lições sobre o processo de ensino aprendizagem. Verificamos que cada aluno possui a sua forma própria de construir o conhecimento (KELLY, 2003).

Em seguida, analisaremos as respostas dadas à Questão 7: Achou em algum momento que a abordagem desse tema (Teoria da Relatividade) foi desnecessária?

Os alunos A1 e A5 e a aluna A2 consideraram que, se a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV tivesse sido no mesmo período da disciplina de Física Moderna, seria melhor para o embasamento teórico e prático do aluno sobre a Teoria da Relatividade e o aproveitamento teria sido maior. Essa resposta ressalta a

necessidade que os alunos têm de disporem de algum tempo para refletir sobre os assuntos que estão sendo ensinados, e de terem contato com o mesmo assunto, em perspectivas diferentes.

O aluno A3 disse que, desde a disciplina de Mecânica Clássica até a disciplina de Física Moderna, deveria haver uma disciplina de Estágio Curricular Supervisionado associada a cada uma e ocorrendo no mesmo semestre. Ele acrescenta dizendo que a abordagem da Teoria da Relatividade nessa disciplina, trouxe para ele a oportunidade de ser contemplado com essa vivência de aspectos práticos, pois quando ele estudou na modalidade presencial, eles trabalharam apenas com a teoria, sem vivenciar a prática.

O aluno B1 disse que, se ligasse a disciplina de Física Moderna com a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, conseguiria “ter uma ótima interação e eu acho que teria bem mais resultado”. Ele considera que só com a teoria, na disciplina de Física Moderna, o tema fica meio solto. Ele acrescentou que gostaria que a abordagem tivesse um aprofundamento maior da Teoria da Relatividade.

A aluna B2 achou que a abordagem desse tema teria sido melhor se tivesse tido mais tempo, mais aulas presenciais, para trabalhá-lo durante a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, e se tivesse dado continuidade a esse tema em conjunto com a disciplina de Física Moderna. Ela sugeriu que a disciplina de Física Moderna poderia ter ficado com a parte teórica, e a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV com a parte prática. Ela relatou que essa combinação seria ideal porque “a prática ajuda, mas sem a teoria fica meio... tem que pensar na complementação”.

A aluna B3 disse que essa disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV deveria ser associada com a disciplina de Física Moderna, pois seria mais enriquecedor. Ela acrescenta dizendo que seria muito importante, para a formação desses alunos, se tivessem trabalhado mais temas como esse da Relatividade e com esse tipo de abordagem.

O aluno B4 relata que, se as disciplinas de Física Moderna e de Estágio Curricular Supervisionado IV tivessem sido cursadas em conjunto, “um contribuindo com o outro, seria mais rico”.

Em uma síntese geral, constatamos que os alunos A2, A3, A5, B1, B2, B3 e B4 acharam pertinente esse tipo de abordagem sobre a Teoria da Relatividade na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, mas que seria mais rico se estivessem trabalhando com a disciplina de Física Moderna nesse mesmo semestre. Enquanto isso, que o aluno A1 considera que seria melhor ter vivenciado essa abordagem na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado V, por ela estar ligada à vivência no Ensino Médio e estar vinculada ao mesmo semestre da disciplina de Física Moderna.

É possível constatar que os alunos concluem que a sua vivência teria sido melhor aproveitada se as disciplinas de Estágio Curricular Supervisionado IV e Física Moderna tivessem ocorrido no mesmo semestre de forma articulada, possibilitando um estudo contextualizado e sem fragmentações. Porlán (1998) nos fala que, para a construção dos saberes acadêmicos é de suma importância que o ensino ocorra de forma contextualizada e interligada.

A seguir, analisaremos as respostas dadas à Questão 8: Você acha que desenvolver atividades baseadas no Ciclo da Experiência de Kelly, durante a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, trouxe contribuições para a sua aprendizagem?

Lembramos que eles vivenciaram o Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), sem saber que estávamos organizando nossas atividades de ensino dessa maneira. Ao final de toda a vivência, pedimos que eles lessem o artigo de Barros e Bastos (2007), que falava sobre o CEK, para que eles tomassem conhecimento da metodologia que utilizamos durante as aulas, e tentassem reconhecer que passaram por esse ciclo, e se o uso dessa metodologia contribuiu para a sua aprendizagem.

O aluno A1 leu apenas um trecho do artigo, mas entendeu as etapas do ciclo, e considera que começar a trabalhar com os alunos utilizando o ciclo traz uma contribuição maior para a aprendizagem do aluno. Ele relatou que, fazer esse levantamento das ideias prévias do aluno, ajuda a entender o que todo o grupo possui em termos de informações sobre aquele assunto, dando-nos a oportunidade de favorecer a todos quando formos abordar o tema proposto, pois a sala de aula é um

lugar de pessoas heterogêneas, onde cada um possui a sua individualidade. Ele traz em sua fala a questão de cada indivíduo ser único e ter uma evolução de processo cognitivo próprio, assim como relatou Kelly (2003).

Antes de a aluna A2 responder a essa pergunta, expliquei para ela o Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), pois ela não havia lido o artigo de Barros e Bastos (2007) que fala sobre o CEK, conforme solicitado. Depois disso, ela disse que percebeu que passou pelas etapas do CEK e que ele contribuiu para a sua aprendizagem. Durante sua fala, ela comparou a construção do conhecimento a uma colcha de retalhos que vai sendo construída por partes, em etapas, assim como o ciclo possibilita essa construção do conhecimento em etapas.

O aluno A3 relata que já conhecia o Ciclo da Experiência de Kelly e que seria pertinente utilizar o ciclo para trabalhar com os alunos. E que havendo uma continuidade dessa abordagem nas aulas, os alunos irão se acostumar. Ele acrescentou que é melhor utilizar esse tipo de abordagem sem falar para os alunos, pois quando você tem conhecimento que está estudando determinado assunto, baseado no ciclo, você acaba ficando preocupado em descobrir o que virá na próxima etapa do ciclo, a pensar em como você poderia realizá-la, e dessa forma, você acaba não usufruindo de tudo o que o ciclo poderia lhe proporcionar para aprofundar o seu conhecimento do assunto proposto.

Como o aluno A5 não havia lido o artigo, explicamos a ele um pouco sobre o Ciclo da Experiência de Kelly. Após a explicação, ele entendeu em que consistia o ciclo e que ele contribuiu para o aprendizado. E acrescentou que seria interessante trabalhar com os seus alunos utilizando essa abordagem do ciclo.

O aluno B1 relatou que leu o artigo sobre o Ciclo da Experiência de Kelly, “de forma parcial”. Ele falou que leu só a parte da antecipação e achou que conseguiria responder à questão, mas depois viu que era necessário ler todo o artigo, porém mesmo assim, acabou não lendo. Diante disso, explicamos a ele as etapas do ciclo. Após essa explicação, ele disse que é importante trabalhar com o ciclo e que lembrou que havia vivenciado essa abordagem em outras disciplinas de estágio. Ele relatou que estava utilizando esse tipo de abordagem do ciclo em suas aulas de robótica, “mesmo sem ter o conhecimento disso”.

A aluna B2 mostrou certo bloqueio ao ver que o artigo se tratava da teoria de Kelly. Ela relatou que começou a ler e que quando viu que era sobre o Ciclo da Experiência de Kelly, parou de ler. Então, expliquei um pouco sobre essa teoria para que ela pudesse responder essa pergunta. Após a explicação, ela falou que percebeu que passou pelas etapas do ciclo, e acrescentou que é melhor passar pelo ciclo sem tomar conhecimento dele, para que não fique pensando “eita agora a gente vai pra tal etapa”, pois isso pode, de alguma forma, modificar os resultados ao final do ciclo. Ela relatou que gostou, principalmente, da parte em que verificamos o conhecimento prévio do aluno. Ela disse que esse tipo de abordagem, utilizando o ciclo, torna a aula mais dinâmica, pois permite a participação do aluno, fazendo com que o conhecimento seja construído em conjunto, através da interação entre professor e aluno. Kelly (2003), em seu Corolário da Sociabilidade, fala-nos da importância da interpretação que cada indivíduo faz da construção realizada pelo outro, pois isso proporcionará uma interação e construção do conhecimento mútua.

A aluna B3 relatou que depois que leu o artigo de Barros e Bastos (2007), que fala sobre o Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), conseguiu perceber que tudo que desenvolvemos com eles foi baseado nesse ciclo. Ela relatou que gostou desse tipo de abordagem, porque ficou algo bem estruturado e passou certa segurança daquilo que você estava desenvolvendo, deixando o aluno seguro em relação aos passos que ele vai desenvolvendo. Ela relatou que considera a aprendizagem como um ciclo, e que muitas vezes trabalhamos com o CEK em nossas aulas e não percebemos. Ela falou que às vezes, por não utilizarmos o CEK nas nossas aulas, os assuntos ficam meio desconectados e os alunos ficam meio perdidos, em relação aos assuntos.

O aluno B4 relatou que trabalhar com os alunos utilizando o Ciclo da Experiência de Kelly, pode trazer contribuições para a aprendizagem desses alunos. Ele falou que não conseguiu trabalhar todas as etapas do ciclo com os alunos por conta do tempo, pois foram poucos encontros.

Após essa análise da resposta de cada aluno, é possível concluir que todos, exceto o aluno A1, acharam que ter vivenciado atividades baseadas no Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), contribuiu para a sua aprendizagem. O aluno A1 relatou que ao final conseguiu perceber que o CEK pode trazer contribuições para a

aprendizagem do aluno, porém para ele, naquele momento, o ciclo não trouxe essa contribuição.

Essa Questão 8 dá ao aluno a oportunidade de vivenciar a quinta etapa do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), que é a Revisão Construtiva. Kelly (1970) fala que é nesse momento que o indivíduo começa a identificar as mudanças que ocorreram em seu sistema de construção, passando a compreender a sua evolução devida à experiência vivida. Essa evolução corresponde à aprendizagem. Dessa forma, o indivíduo começa a refletir sobre tudo que vivenciou em todo o processo, para ver o que colocará ou não em prática no seu dia a dia.

#### **4.2.3 Síntese**

Realizando uma leitura geral da análise do Vídeo sobre a Oficina e da Entrevista, é possível perceber que a cada etapa da vivência da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, foram ocorrendo mudanças, nas concepções dos alunos sobre o processo de aprendizagem.

A análise do Vídeo sobre a Oficina nos permitiu verificar que, na primeira atividade da Oficina, essas mudanças ocorreram nos alunos A2, A3, B1 e B2, que nos mostraram que, através da vivência da Oficina, conseguiram compreender alguns conceitos da Teoria da Relatividade Especial e passaram a refletir sobre como poderiam abordar esse tema com os seus alunos. Percebemos que esses alunos começaram a refletir sobre a sua vivência e a confirmar ou desconfirmar o que pensavam antes de todo o processo, gerando mudanças no seu esquema de construção (KELLY, 1970).

Com relação aos alunos A1, A5 e B3, não foi possível chegar a uma conclusão através da análise do Vídeo sobre a Oficina. Porém, na segunda atividade da Oficina, todos os alunos mostraram ter compreendido os cálculos, que realizamos para comparar resultados obtidos por observadores dentro e fora da nave.

Percebemos que o indivíduo, ao vivenciar o Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), passa a refletir e interpretar os acontecimentos vivenciados, de forma que o seu sistema de construção começa a evoluir progressivamente (KELLY, 1970). O

engajamento nesse processo reflexivo faz com que ele perceba sua capacidade de construir conhecimento, sem precisar ficar esperando pelas conclusões do professor. Além disso, ele também passa a valorizar os diálogos com seus colegas, cujas ideias também ajudam muito a esclarecer as situações vivenciadas. Dessa maneira, esses alunos começam a mudar suas maneiras de conceber o processo de aprendizagem.

Apesar de todas as dificuldades apresentadas por cada aluno, verificamos que, ao vivenciarem o CEK, eles tiveram a oportunidade de refletir sobre suas práticas e sobre o que sabiam e o que passaram a saber sobre a Teoria da Relatividade, de forma que os seus sistemas de construção passasse por mudanças e evoluções (KELLY, 1970).

A análise da Entrevista enfatizou o que já havíamos concluído na análise do Vídeo: que o Ciclo da Experiência de Kelly é uma importante ferramenta de ensino que possibilita que ocorram mudanças nas concepções dos alunos sobre o processo de aprendizagem. Verificamos, através da Entrevista, que os alunos chegaram à conclusão de que desenvolver aulas baseadas no Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), contribui para o aprendizado do aluno.

Só o aluno A1 não aproveitou a vivência que desenvolvemos, segundo ele por uma questão pessoal, mas que ao final da vivência percebeu que aulas desenvolvidas com base no CEK trazem contribuições para a aprendizagem do aluno. Os alunos, através da Entrevista, tiveram a oportunidade de confirmar e/ou desconfirmar suas hipóteses, e de fazer uma revisão construtiva sobre toda a vivência da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, fazendo com que os seus sistemas de construção passassem por mudanças, que os levaram a compreender a sua evolução, ou seja, compreenderam e refletiram sobre o que aprenderam com a experiência vivenciada (KELLY, 1970). Ao final dessa análise da Entrevista, vimos que essas mudanças ocorreram com todos os alunos, em diferentes níveis de aprofundamento.

### 4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS E QUESTIONAMENTOS MAIS RESSALTADOS PELOS LICENCIANDOS

Para identificar as ferramentas e os questionamentos mais ressaltados pelos licenciandos, durante a realização da disciplina, vamos analisar os resultados obtidos através dos Fóruns e Mensagens.

#### 4.3.1 Análise dos Fóruns

A partir da análise das respostas e questionamentos feitos pelos licenciandos nos fóruns, sobre as atividades ligadas à Teoria da Relatividade Especial, iremos verificar como eles utilizaram essa ferramenta de interação disponibilizada na sala virtual e quais os questionamentos mais ressaltados durante a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV.

Um dos principais fóruns utilizados pelos alunos durante a disciplina foi o Fórum Tira-Dúvidas. Porém, com relação à abordagem da Teoria da Relatividade, só o aluno B4 utilizou esse espaço para tirar uma dúvida. A seguir, iremos ver qual foi o questionamento que ele levantou nesse fórum, explicitado no Quadro 13.

Quadro 13 – Questionamento do aluno B4 no Fórum Tira-Dúvidas.

Tópico: Relatividade no 9º ano.

Prezadas professoras e colegas tenho um questionamento sobre a abordagem didática com os alunos do 9º ano, será que vale a pena apresentar a fórmula da dilatação do tempo? A demonstração é relativamente simples já que só precisamos apenas da expressão da velocidade ( $v = d/t$ ) e do teorema de Pitágoras. Uma outra opção é mostrar a expressão e aplicá-la sem demonstrar. O que vocês acham?

Fonte: Elaborado pela autora.

Hávamos solicitado aos alunos que, entre as aulas que eles teriam que realizar, durante a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, no mínimo uma deveria ser sobre a Teoria da Relatividade Especial. Além disso, essas aulas teriam que ser em uma turma do Ensino Fundamental.

O aluno B4 já havia nos relatado de sua dificuldade em lecionar nessa modalidade de ensino, visto que sempre ensinou em turmas de Ensino Médio. É possível verificar, em seu questionamento, que a sua grande preocupação era de como apresentar os cálculos existentes na Teoria da Relatividade para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Falamos para ele que, se fosse viável a demonstração, pois dependeria muito do preparo que esses alunos possuíam até o momento da aula, ele poderia realizá-la. Mas, que seria mais interessante trabalhar, utilizando experimentos ou uma Oficina.

Vale salientar que esse aluno B4 não participou da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo, e como trabalhava em uma escola particular conceituada, que prezava pela aprovação no vestibular, preparando os alunos para desenvolverem até os mais complicados cálculos matemáticos, ele não conseguiu desenvolver e pensar em trabalhar com esses alunos em uma linha mais teórica e prática sobre o tema proposto. Percebemos que este aluno está preso a uma forma de se trabalhar a Física através dos cálculos, e para que ele consiga imaginar outras formas de trabalhar essa teoria com os seus alunos, ele terá que escolher se permitirá que os seus subsistemas de construção estejam abertos a construir novos construtos ou não (KELLY, 1970).

O outro fórum que utilizamos para abordar a Teoria da Relatividade Especial foi o Fóruns Temáticos – Semana 05, no qual adicionamos o seguinte tópico: O ensino da Teoria da Relatividade. Nesse fórum, tivemos uma participação maior dos alunos. Os alunos que participaram foram: A1, A2, A3, A5, B1, B2 e B3. Os alunos A4 e B4 não participaram, apesar de esse fórum ter ocorrido antes da Oficina, e ter feito parte da etapa do Investimento.

Antes de lançarmos esse fórum na sala virtual, solicitamos que os alunos lessem a dissertação de Wolff (2005), que trata do ensino da Teoria da Relatividade Especial, e por saber que os alunos não dispunham de muito tempo, pedimos que lessem da página 105 à 146, em que se discutiam as questões histórica e conceitual da Teoria da Relatividade Especial. Tendo como base essa leitura, lançamos, nesse fórum, a seguinte pergunta: Quais as relações e diferenças existentes entre a Relatividade Galileana e a Teoria da Relatividade Especial de Albert Einstein?

O aluno A1, antes de responder à pergunta, compartilhou conosco um vídeo sobre Física Moderna. No Quadro 14, segue a sua contribuição com a sugestão de um experimento de fácil construção.

Quadro 14 – Compartilhamento de um vídeo sobre Física Moderna.

Tópico: O Ensino da Teoria da Relatividade.

Olá colegas e professores.  
Estou compartilhando um excelente vídeo da TV Escola sobre o tema da Física Moderna.

Assitam, vale muito a pena.  
[http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com\\_zoo&view=item&item\\_id=4981](http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=4981)

No vídeo há um instrumento (espectroscópio) muito fácil de fazer, segue o link abaixo:  
<http://www.apolo11.com/espectro.php>

Até a próxima.

Fonte: Elaborado pela autora.

Verificamos que a primeira preocupação do aluno A1 foi de compartilhar um vídeo que pudesse ajudar seus colegas a entenderem o que estava sendo proposto na pergunta que fizemos. E trouxe um vídeo sobre a construção de um Espectroscópio, que ele havia desenvolvido com os seus alunos. O aluno A5 gostou do vídeo sobre Física Moderna, dada pelo aluno A1, e respondeu fazendo comentários sobre a maneira como o vídeo apresentava os conteúdos de Física Moderna. Vejamos a sua resposta no Quadro 15, a seguir.

Quadro 15 – Resposta do aluno A5 à sugestão do aluno A1.

Tópico: O Ensino da Teoria da Relatividade.

Muito boa sua sugestão, ela mostra a prática do que os nossos mestres, nos apresentam teoricamente. Que não podemos apresentar a Física somente através de fórmulas, os conceitos e a aplicação prática da Física, são elementos basilares para motivarmos o aluno, que em sua maioria não entende a razão de estudar Física. Vemos também a importância da conexão permanente que deve existir (em via dupla), da academia (universidade) e as escolas. A atualização deve ser uma preocupação constante do profissional.

Fonte: Elaborado pela autora.

Notamos no Quadro 15, que o aluno A5 trouxe pontos muito pertinentes sobre como deveriam ser desenvolvidas as aulas de Física, de forma que facilitassem a compreensão do aluno sobre o assunto abordado, e sobre a preocupação que o professor deveria ter com a sua formação continuada.

Percebemos que os alunos passaram a interagir uns com os outros, e a trazer novas contribuições diante da interpretação feita da construção realizada pelo outro colega, é o que Kelly (1970) descreve no Corolário da Sociabilidade.

Após a sugestão do vídeo para a turma, o aluno A1 respondeu à pergunta. A seguir, veremos a sua resposta explicitada no Quadro 16.

Quadro 16 – Resposta do aluno A1.

Tópico: O Ensino da Teoria da Relatividade.

As observações de Einstein de reformular o princípio galileano/newtoniano de referenciais inerciais absolutos e independentes, tendo como base a mecânica newtoniana, levou a considerar as equações de Maxwell para integrar a Relatividade com a Física quântica, que caracterizamos como física moderna.

Esses tópicos são poucos trabalhados nas escolas, visto que, há muitas dificuldades em absorver esse conteúdo e poucos professores são ou estão aptos a propor atividades que desenvolvam o raciocínio e despertem para esse tema.

Segundo o artigo "Física Moderna no Ensino Médio (Francisco Caruso, Caderno Brasileiro de ensino de física, V6, nº 2, pág. 355-366, 2009):

*"Deve-se ressaltar o impacto da Relatividade na sociedade contemporânea. O desenvolvimento da eletrônica, por exemplo, só foi possível, em grande parte, graças à contribuição de Einstein e da Mecânica Quântica. O microcomputador e a revolução da informática, que ainda estamos vivendo, são frutos tecnológicos das ideias revolucionárias desse grande físico."*

Trazer essas idéias para o dia-a-dia do discente é propor reflexões acerca de fundamentos que se passam despercebidos e que nossa obrigação como docentes é validar esse conhecimento e tornar mais fácil o acesso a temas tão intrigantes e fascinantes da física.

Fonte: Elaborado pela autora.

O aluno A1 falou sobre os principais aspectos que Einstein considerou para desenvolver a Teoria da Relatividade Especial, mas não falou da diferença entre a visão de Galileu e a visão de Einstein sobre a Relatividade. Porém, fez comentários para refletirmos sobre nossa prática como professor.

A aluna A2 não respondeu à pergunta que lançamos nesse fórum, apenas o utilizou para agradecer pelas contribuições que os seus colegas estavam dando, ao postarem vídeos que auxiliaram a compreender a Teoria de Relatividade de uma forma prática e rápida, evitando empregar o seu tempo na leitura da dissertação. Essa atitude precisa ser revista, porque os professores precisam dedicar tempo para estudar os assuntos que vão ensinar.

O aluno A3 trouxe em sua resposta uma sequência de informações que possibilitassem a compreensão da diferença existente entre a Relatividade Galileana e

a Teoria da Relatividade Especial de Albert Einstein. Veremos a sua resposta, explicitada no Quadro 17.

#### Quadro 17 – Resposta do aluno A3.

##### Tópico: O Ensino da Teoria da Relatividade.

Para responder a pergunta é necessário seguir o que foi proposto no artigo, entender que a física não é pontual, mas uma construção histórica. Galileu com sua relatividade resolveu o paradoxo dos bastões de Zenão, considerando a independência dos movimentos e através de suas transformações a invariância do tempo e do comprimento. A Relatividade de Galileu se apoiava na nova ciência, onde as deduções matemáticas e a observação superavam a filosofia. Para compreender as diferenças com a relatividade especial deve-se considerar também as contribuições de Newton, pois ele afirmava que suas leis eram iguais em qualquer referencial pois a massa e a aceleração independiam do referencial. Como as Equações de Maxwell descreviam ondas eletromagnéticas que não necessitavam de matéria para propagar-se, teorizou-se o "éter de Descartes" e como as equações de Maxwell demonstravam resultados diferentes para referenciais diferentes, transformações de Galileu, Einstein resolveu mudar as transformações ao invés de questionar as equações de Maxwell ou a mecânica clássica. A principal diferença da relatividade de Einstein para a de Galileu é a invariância da velocidade da luz, algo que validava as equações de Maxwell em todos referenciais. Esta afirmação foi de encontro à relatividade de Galileu e modificou a concepção de tempo e espaço.

Fonte: Elaborado pela autora.

Através dessa resposta, é possível observar que o aluno A3 se preocupou em fazer o leitor entender como ele chegou à conclusão da diferença entre a Relatividade de Galileu e a de Einstein.

O aluno A5 trouxe um resumo da abordagem teórica da visão de Galileu e da visão de Einstein sobre a Relatividade. Ele selecionou alguns trechos da dissertação de Wolff (2005), para fazer esse resumo. Porém, não pudemos concluir se ele entendeu a diferença entre as duas visões, pois o seu resumo foi uma cópia do que Wolff relatou em sua dissertação (corta e cola). Decidimos não colocar o resumo que ele fez aqui, porque foi um pouco extenso.

O aluno B1 não respondeu à pergunta. Participou duas vezes desse fórum. Na primeira vez, limitou-se a enviar uma mensagem, dizendo que concordava com a colocação do aluno A5, explicitada no Quadro 15. Na segunda vez, compartilhou um vídeo sobre a Teoria da Relatividade. Segue, no Quadro 18, como foi a sua segunda participação.

Quadro 18 – Participação do aluno B1.  
Tópico: O Ensino da Teoria da Relatividade.

Deixo neste link um ótimo material sobre a teoria da relatividade ele faz um tour na história e retrata o caminho desta descoberta.

[http://www.lantec.ufsc.br/fisica/textos\\_hipermedia/tex4-rel%20jul15.pdf](http://www.lantec.ufsc.br/fisica/textos_hipermedia/tex4-rel%20jul15.pdf)

Aqui vai o link de um dos melhores filmes documentários já produzidos sobre  $E = mc^2$ , vale apenas assistir.

Fonte: Elaborado pela autora.

É possível perceber que o aluno B1 quis compartilhar com seus colegas um vídeo que continha a história da Teoria da Relatividade, que ele havia visto durante sua pesquisa para desenvolver suas aulas.

A aluna B2 trouxe algumas informações meio desconexas entre si, em alguns momentos falando sobre a visão de Galileu, em outros falando sobre a visão de Einstein, e em outros falando sobre a visão dos dois. Em nenhum momento, porém, trouxe a diferença entre as visões de Galileu e Einstein sobre a Relatividade. Decidimos não apresentar o resumo que ela fez, porque foi um pouco extenso e não respondeu à pergunta formulada.

A aluna B3 respondeu à pergunta que fizemos, de forma sucinta. Sua resposta está explicitada no Quadro 19, a seguir.

Quadro 19 – Resposta da aluna B3.  
Tópico: O Ensino da Teoria da Relatividade.

Após a leitura do texto pude constatar que, a Relatividade galileana destaca a descrição de movimentos em relação a um referencial inercial, que pode estar em movimento retilíneo e uniforme ou em repouso, em relação a outro referencial. Já a Relatividade Especial enfatiza, a velocidade da luz, destacando a permanência da mesma para qualquer referencial inercial. Entretanto, ambas enfatizam o movimento dos corpos.

Fonte: Elaborado pela autora.

Percebemos em sua resposta, que ela, quando se referiu à Relatividade Galileana, afirmou que ela destacava a descrição dos movimentos, enquanto a Relatividade Especial enfatizava a permanência da velocidade da luz. Assim, ela se ligou a aspectos superficiais, que indicam que ela não compreendeu a diferença entre a visão de Galileu e a de Einstein sobre a Relatividade.

Verificamos que, dos sete alunos que participaram desse fórum, só o aluno A3 respondeu à pergunta solicitada, de forma satisfatória. A aluna B3 tentou dar uma resposta, que evidenciou sua falta de compreensão. Os demais se preocuparam marcar presença no fórum, ou contribuíram socializando alguma informação.

É possível constatar que os fóruns no ambiente virtual servem como meio de socializar o que cada aluno vai construindo com o outro, e possibilitam a oportunidade de exercer influência em um processo social que envolva o outro (KELLY, 1970).

#### **4.3.2 Análise das Mensagens**

Na sala virtual, temos a ferramenta Mensagem, que é utilizada para enviar mensagens individuais para os alunos, as quais são notificadas a eles assim que acessam o ambiente, possibilitando que alguma informação de grande importância seja visualizada por esse aluno rapidamente.

Utilizamos essa ferramenta ao longo da disciplina, porém só os alunos A3, A5 e B3 responderam a essa interação. Mandamos para cada aluno a seguinte mensagem, explicitada no Quadro 20, a seguir.

### Quadro 20 – Mensagem da Pesquisadora.

Perfil: Mensagens.

Olá, enviei para o seu email, em anexo, o texto para leitura sobre o ensino da teoria da relatividade especial. Lembrando que este texto também consta no CD que você recebeu na aula passada. E consta no ambiente virtual um fórum para que você responda à pergunta baseado na leitura do texto. Lembrem que esta atividade faz parte da disciplina e será de grande ajuda para o seu crescimento.

Aguardo notícias.

Qualquer dúvida estou à disposição.

Um abraço,  
Izabelly.

Fonte: Elaborado pela autora.

O aluno A3, ao invés de trazer alguma notícia sobre a participação solicitada no fórum, trouxe-nos uma pergunta relacionada à apresentação que eles fariam para a turma sobre sua vivência em sala de aula. A seguir, veremos essa pergunta explicitada no Quadro 21.

### Quadro 21 – Interação do aluno A3.

Perfil: Mensagens.

Izabelly, você tem como imprimir 3 fotos da aula sobre relatividade e levar amanhã?

Fonte: Elaborado pela autora.

Apesar de não ter utilizado essa ferramenta para interagir sobre o que havíamos proposto, ele soube utilizar a ferramenta para o fim que ela foi desenvolvida, como forma de sinalizar uma pergunta que tinha certa urgência em ser respondida, visto que a aula seria no dia seguinte.

O aluno A5, ao invés de trazer alguma notícia sobre a participação solicitada no fórum, trouxe-nos um pedido de orientação sobre sua regência de estágio. A seguir, veremos essa pergunta explicitada no Quadro 22.

### Quadro 22 – Interação do aluno A5.

Perfil: Mensagens.

Estou com um sério problema. O professor regente, faltou em 3 aulas e com o feriado do carnaval, somente hoje consegui fazer a minha primeira aula. Na próxima semana dias 17,18 e 19 haverá paralisação e na quinta, dia 2, o professor já me avisou que não vai poder ir dar aula. O horário da escola mudou e somente tem aula de ciências no EJA fase 4, segundas (3º e 5º horário) e na quinta no 5º horário. Assim o meu estágio vai passar do prazo estipulado no contrato que é dia 17/03. E também não vou ter material para apresentar no dia 15/03. Peço sua orientação.

Fonte: Elaborado pela autora.

Apesar de não ter utilizado essa ferramenta para interagir sobre o que havíamos proposto, ele soube utilizar a ferramenta para o fim que ela foi desenvolvida, como forma de sinalizar um pedido de orientação que tinha certa urgência em ser respondido.

A aluna B3 foi a única que interagiu de forma relacionada à mensagem que havia sido enviada. A seguir, veremos essa interação explicitada no Quadro 23.

### Quadro 23 – Interação da aluna B3.

Perfil: Mensagens.

Estou realizando a leitura do material, assim que terminar participarei do fórum.

Fonte: Elaborado pela autora.

Verificamos que a aluna B3 foi a única a nos trazer notícias sobre as leituras solicitadas e a participação no fórum. Os outros dois alunos utilizaram essa ferramenta para fazer uma pergunta e para ter uma orientação.

As mensagens são um recurso utilizado para facilitar a interação entre o professor e o aluno, podendo auxiliar no processo de ensino aprendizagem dos alunos (MORAES; VIEIRA, 2009).

### 4.3.3 Síntese

Diante da análise realizada sobre algumas das ferramentas utilizadas na sala virtual, é possível concluir que os alunos fizeram pouco uso delas. Segundo eles, isso ocorre pelo fato de não disporem de tempo suficiente para interagirem mais na sala virtual. A Universidade Aberta do Brasil (UAB) foi criada com o intuito de oferecer uma educação gratuita e de qualidade para locais que não possuem acesso à universidade (MORAES; VIEIRA, 2009). Apesar disso, os alunos trabalham e estudam, o que cria limitações para a interação com seus professores e colegas.

Podemos identificar que os alunos ainda não compreenderam que, pelo fato de o curso ser a distância, a interação na sala virtual é primordial para que haja uma construção do conhecimento entre professor e aluno, e que essa interação faz parte do processo de ensino aprendizagem. Nesse caso, diferentemente do curso presencial, em que os encontros são semanais e muitas vezes mais de uma vez na semana, no curso a distância os encontros presenciais ocorrem, mais ou menos, a cada quinze dias, e a sala virtual é a forma que o curso a distância possibilita, para diminuir essa distância tão extensa da interação entre professor-aluno e aluno-aluno. O uso das mídias são de total importância nessa modalidade de ensino, por se tornar uma facilitadora na interação entre o professor e aluno, ajudando no processo de ensino aprendizagem dos alunos (MORAES; VIEIRA, 2009).

## 4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS DO CICLO DA EXPERIÊNCIA DE KELLY QUE COLABORARAM PARA O PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM

Para identificar os aspectos do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) que colaboraram para o processo de ensino aprendizagem, vamos analisar os resultados obtidos através do Questionário 3 e da Entrevista.

O Questionário 3 (ver Apêndice C) foi utilizado para identificar se os alunos, ao saberem que o trabalho desenvolvido com eles estava baseado no Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), perceberam alguma etapa do ciclo, qual foi, a que ela estava

associada, e se o ciclo contribuiu, e de que forma, para a aprendizagem. Os alunos A2, A5, B2 e B4 deixaram esse questionário em branco.

Questão 1: Durante a disciplina de Estágio Supervisionado IV, todo o processo envolvendo atividades e interações ligadas à Teoria da Relatividade Especial, foram trabalhadas em cima das cinco etapas do Ciclo da Experiência de George Kelly, que são: Antecipação, Investimento, Encontro, Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva. Você percebeu que as atividades e interações seguiram essas etapas? Qual etapa você percebeu e a qual interação ela está associada?

Os alunos A3, A4, B1 e B3 relataram que conseguiram perceber algumas das etapas do ciclo, sendo que cada um percebeu de sua maneira individual, como destacado por Kelly (2003).

O aluno A3 escreveu: “Durante a disciplina de Estágio Supervisionado IV foi possível perceber o Ciclo da Experiência de George Kelly. De certa forma logo no início fiquei tentado a acreditar que se tratava de uma Antecipação o convite para participar de uma oficina. Tive esta idéia por ter conhecido “Kelly” na Iniciação Científica de que participei, durante a Licenciatura Plena em Física presencial, que era vinculada ao projeto Observatório da Educação e em conjunto com o Mestrado em Ensino das Ciências. Mas a confirmação aconteceu na segunda etapa, Investimento, quando estudamos sobre o tema da Oficina”.

Apesar de ter se referido a duas etapas, a Antecipação e o Investimento, e de ter escrito “ter conhecido “Kelly” na Iniciação Científica”, ele associou a Antecipação ao convite para participar da Oficina, porém essa etapa ocorreu com a aplicação do Questionário 1. Contudo, como esse aluno não compareceu à aula em que aplicamos esse questionário, ele só veio respondê-lo no dia da Oficina. Com relação à etapa do Investimento, ele fez a associação correta, pois essa etapa realmente estava ligada às leituras que solicitamos que eles fizessem antes de realizarmos a Oficina. As leituras consistiam na preparação do indivíduo para vivenciar esse evento (KELLY, 1970).

O aluno A4 disse que percebeu a etapa da Antecipação, relacionou-a com a “criação de conceitos sobre o assunto abordado”, e ainda a associou à etapa da

Confirmação ou Desconfirmação. A etapa da Antecipação foi utilizada para verificar o conhecimento prévio que os alunos possuíam sobre o assunto que iríamos abordar, e não tinha o objetivo de criar conceitos. Percebemos que o aluno A4 respondeu sem ter o conhecimento real do que representa cada etapa, pois ele não participou da maioria delas.

O aluno B1 disse que percebeu a etapa da Antecipação, dizendo que nessa etapa eles começaram “a construir a ideia trazida pela professora”. A etapa da Antecipação proporciona não a construção de uma ideia trazida pela professora, mas a identificação de uma informação que já existia na estrutura cognitiva do aluno, que teve que formalizá-la para responder ao Questionário 1 (KELLY, 1970).

A aluna B3 relatou que percebeu a etapa da Antecipação, e a associou com a Oficina: “Antecipação, quando foi realizada a atividade da nave espacial”. Porém, a Oficina fez parte da etapa do Encontro, e não da Antecipação. Percebemos que ela não entendeu muito bem em que consistia cada etapa do Ciclo da Experiência de Kelly.

O aluno A1 relatou: “Nesse processo, pouco percebi essas etapas e a sua significância para o processo de ensino aprendizagem. Percebi que foi um trabalho pouco somativo ao currículo da disciplina, ou seja, fora do foco e da ementa da mesma, pareceu um trabalho paralelo e com objetivo pessoal, não coletivo”. Com base nessa resposta, podemos perceber que ele não identificou nenhuma das etapas, e além disso, essa resposta explica porque ele praticamente se recusou a participar das atividades.

Questão 2: Você acha que ao seguir essas etapas, elas contribuíram para a aprendizagem? Como?

Os alunos A3, A4, B1 e B3 escreveram que as etapas do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) trouxeram contribuições para a sua aprendizagem.

O aluno A3 relatou que: “As etapas colaboraram para a aprendizagem, pois diferente dos inúmeros modelos e fórmulas vistas na graduação presencial, introdução a relatividade, foi possível debater e questionar alguns efeitos complicados no

entendimento. Foi possível criar estratégias para alcançar nossos alunos dentro de sala, que não fossem a “comprovação” matemática”.

Para o aluno A4: “Essas etapas foram muito importantes sim para a aprendizagem, pois criam de forma inconsciente no aluno uma maneira de construção cronológica do conhecimento”.

O aluno B1 relatou que as etapas auxiliaram “na compreensão dos fenômenos de difração de elétrons, observados nos fenômenos ondulatórios”. Essa questão foi apresentada em um dos textos indicados para estudo. Como estávamos interessados na aprendizagem da Teoria da Relatividade, não podemos chegar a nenhuma conclusão com base nessa resposta.

A aluna B3 escreveu: “Acredito que sim, porque ajudou a refletir sobre o que já se sabia sobre o assunto e a aprimorar o que não sabia”. Nesse caso, constatamos o reconhecimento do processo de reflexão para a aprendizagem, retomando o que se sabe para esclarecer o que ainda não se sabe.

Dos cinco alunos que responderam, podemos concluir que quatro deles (A3, A4, B1 e B3) verificaram que as etapas do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) trouxeram contribuições para o processo de ensino aprendizagem. E desses quatro, apenas um (B1) não deixou clara qual foi essa contribuição.

#### 4.5 ANÁLISE DAS MUDANÇAS NA NOÇÃO DE TEMPO RELATIVÍSTICO E DOS ASPECTOS RELATIVOS AO ENSINO DESSA NOÇÃO NO ENSINO FUNDAMENTAL, QUE FUTUROS PROFESSORES DE FÍSICA PASSAM A DESTACAR, APÓS VIVENCIAREM UMA INTERVENÇÃO BASEADA NA TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS DE KELLY

Esta seção final consistirá em uma síntese das quatro seções anteriores, para analisar as mudanças na concepção de futuros professores sobre a noção de tempo relativístico e sobre os aspectos destacados para ensinar essa noção a alunos do Ensino Fundamental.

Iremos fazer resumo de todas as seções, relacionando os instrumentos que utilizamos com as etapas do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK).

A primeira etapa do ciclo é a Antecipação (KELLY, 1970) e nela utilizamos o Questionário 1. Nessa etapa, conseguimos verificar qual era a noção de tempo que esses alunos, do curso de Licenciatura em Física na modalidade a distância, possuíam. Ao final da análise do Questionário 1, verificamos que apenas o aluno B4 se aproximou da noção de tempo relativístico, ao associar a definição de tempo ao observador.

A segunda etapa do ciclo foi o Investimento, que era uma preparação para a vivência da Oficina e para auxiliar nas respostas ao Questionário 2, para verificar se a concepção dos alunos sobre a noção de tempo havia sofrido alguma mudança após a leitura de alguns artigos sobre a Teoria da Relatividade Especial. Porém, ao perguntarmos aos alunos se haviam lido os textos, eles alegaram que não conseguiram ler ou fizeram uma leitura muito superficial de alguns dos artigos, por não dispor de tempo necessário para tantas leituras, levando-nos a concluir que essa etapa exerceu pouca ou nenhuma influência durante todo o processo.

A terceira etapa do ciclo foi o Encontro. Desenvolvemos essa etapa através da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo, em que dos nove alunos, apenas os alunos A4 e B4 não participaram. Dividimos a Oficina em duas partes. Na primeira, conseguimos constatar que ocorreram mudanças nas concepções dos alunos A2, A3, B1 e B2, sobre a noção de tempo e sobre os aspectos relativos ao ensino dessa noção a alunos do Ensino Fundamental. Nessa etapa, os alunos passaram a testar suas hipóteses e a comparar o que achavam com o que vivenciaram (KELLY, 1970), acarretando em mudanças nas suas concepções, visto que começaram a refletir sobre como poderiam trabalhar a Teoria da Relatividade com os seus alunos. Com relação aos alunos A1, A5 e B3, não tivemos uma conclusão nessa parte da Oficina, porque não expressaram nenhuma opinião ou dúvida.

Na segunda parte da Oficina, desenvolvemos, em conjunto com os alunos, alguns cálculos matemáticos referentes à Teoria da Relatividade. Todos participaram dessa construção e demonstraram que essa atividade trouxe mudanças em suas concepções sobre o processo de aprendizagem, pois conseguiram entender, através da vivência da Oficina, a teoria que estava atrelada aos cálculos. Verificamos mais uma vez o que Kelly (1970) descreve no Corolário da Sociabilidade ao falar da contribuição que um sujeito pode dar à construção do outro.

A quarta etapa do ciclo foi a Confirmação ou Desconfirmação, na qual utilizamos o Questionário 2 e a Entrevista. Através da análise do Questionário 2, verificamos que só a atividade da Oficina não foi suficiente para obter mudanças significativas na noção de tempo de todos os alunos. Apenas verificamos mudanças nessa noção nos alunos A3 e B1. A análise da Entrevista nos possibilitou verificar quais foram as mudanças que ocorreram na concepção dos alunos sobre o processo de ensino aprendizagem e o que eles acharam a respeito do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK). Verificamos que todos os alunos, exceto o aluno A1, mostraram-nos que ter passado pelo ciclo ocasionou uma valorização das interações entre os alunos, durante a realização de atividades práticas e verificaram que as diversas etapas do CEK provocam um conjunto de ações reflexivas e interativas, que facilitam as mudanças. Portanto, o CEK é uma importante ferramenta para desenvolver essas mudanças.

A quinta e última etapa do ciclo foi a Revisão Construtiva, na qual os alunos foram refletindo sobre o que sabiam da Teoria da Relatividade e o que passaram a saber após toda a vivência das atividades desenvolvidas durante a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV. Para verificar esse processo de revisão, utilizamos os seguintes instrumentos: Vídeo, Questionários 2 e 3, Fóruns, Mensagens e Entrevistas. Após a análise de todos esses instrumentos, constatamos que apenas os alunos A3 e B1 tiveram mudanças substanciais na sua noção de tempo, na direção do tempo relativístico, porém todos os alunos conseguiram perceber aspectos relativos à Teoria da Relatividade, que poderiam ser ensinados no Ensino Fundamental.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante esta pesquisa, reunimos informações para responder à seguinte pergunta: quais as mudanças na noção de tempo relativístico, e os aspectos relativos ao ensino dessa noção no Ensino Fundamental, que licenciandos em Física, em um curso a distância ligado ao sistema da Universidade Aberta do Brasil, passam a destacar, após vivenciarem uma intervenção baseada na Teoria dos Construtos Pessoais de Kelly?

Começaremos a responder, ressaltando a necessidade de começar a ensinar Física no Ensino Fundamental, para que esse ensino continue no Ensino Médio, tendo como desdobramento o surgimento de vocações para estudar e ensinar Física. Para tanto, o que já existe no Ensino a Distância, deve ser extrapolado para o Ensino Presencial, isto é, a criação de uma disciplina de Estágio Curricular Supervisionado, que é desenvolvida no 9º ano do Ensino Fundamental ou no Módulo V da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Entretanto, essa disciplina de estágio deve ser articulada com uma disciplina teórica do curso, para que os alunos reflitam sobre o ensino e a aprendizagem dos conteúdos tratados nessa disciplina.

O segundo ponto a ser considerado, é a necessidade de superar a concepção de que ensinar é mostrar e aprender é repetir. Para tanto, é preciso adotar uma teoria de aprendizagem, que oriente as ações dos futuros professores, de modo que, durante sua formação, aprendam os conteúdos de Física e como ensiná-los.

O terceiro ponto a ser considerado, é a aplicação de metodologias de ensino que enfatizem as atividades práticas e as interações entre os alunos. No caso específico de futuros professores, a importância da construção de conhecimento na prática é algo que já foi reconhecido por diversos autores, inclusive Porlán (1998). No nosso caso buscamos apoio na Teoria dos Construtos Pessoais (TCP) de George Kelly, uma teoria psicológica publicada nos Estados Unidos em 1955, e que foi muito utilizada na Inglaterra, a partir da década de 1970. Como orientação metodológica, utilizamos o Ciclo da Experiência de Kelly (CEK), que enfatizou a reflexão e a interação entre os diversos participantes das atividades. Como decorrência da adoção dessa metodologia, os próprios alunos perceberam que a teoria estudada, no caso, a Teoria da

Relatividade Especial, parecia um pouco mais acessível, e os seus efeitos também poderiam ser notados, através da adoção de um fator de escala, em uma região determinada, como fizemos na Oficina.

Voltando à nossa base teórica, durante a pesquisa, tivemos a oportunidade de verificar a aplicação de alguns dos corolários da TCP de Kelly, especialmente, de três deles: Individualidade, Experiência e Sociabilidade. Com relação as demais, apresentados no Quadro 1, o Corolário da Construção, apesar de não ter sido citado explicitamente, foi percebida sua aplicação em diversas ocasiões, quando o grupo utilizou a interpretação de algumas ações de seus membros, para construir uma explicação para o que estavam fazendo. Tal fato ocorreu nas duas atividades da Oficina. Com relação ao Corolário da Modulação, somente uma vez, por ocasião da aplicação do Questionário 2. Apenas Corolário da Fragmentação não foi dectado durante esta pesquisa.

Pudemos constatar a individualidade de cada aluno e corroborar o que Kelly (2003) diz no Corolário da Individualidade: que várias pessoas podem observar o mesmo evento ao mesmo tempo, porém cada uma o perceberá de uma forma diferente. Ele nos mostra a particularidade que cada indivíduo possui. Como professores, não podemos esquecer que a sala de aula é composta por pessoas únicas, que possuem uma forma própria de construir e organizar os conceitos em sua estrutura cognitiva, a qual é construída, de acordo com Kelly (2003), com base em construtos. É através da percepção de cada característica que forma esses construtos, que o indivíduo vai testando e as aplicando, de forma a explicar e interpretar eventos (acontecimentos).

Ao analisar a concepção de licenciandos em Física de um curso a distância, de uma universidade ligada à Universidade Aberta do Brasil, sobre a noção de tempo relativístico e sobre os aspectos relativos ao ensino dessa noção a alunos do Ensino Fundamental, foi possível perceber que muitos possuíam uma noção newtoniana sobre o tempo, considerando-o como absoluto e único para todas as pessoas, enquanto outros pareciam chegar perto da noção de tempo relativístico. Verificamos que o fato de esses alunos terem passado por essa vivência na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, sem terem cursado a disciplina de Física Moderna, influenciou na percepção do tempo que eles possuíam.

Ao longo da vivência da disciplina de estágio, fomos observando as mudanças que iam ocorrendo na concepção desses alunos. Porém, apesar de a maioria deles ter entendido que a noção de tempo relativístico está atrelada ao observador, alguns ainda estavam ligados ao conceito de tempo absoluto, de forma que só essa vivência não foi suficiente para mudar essa concepção. Ao final, chegamos à conclusão de que apenas dois desses alunos (A3 e B1) é que nos mostraram indícios de que conseguiram diferenciar a noção de tempo absoluto da noção de tempo relativístico.

Outra dificuldade, que identificamos nos alunos durante a vivência, foi a de perceber aspectos relativos ao ensino da noção de tempo relativístico a alunos do Ensino Fundamental, visto que é frequente trabalhar sobre a Teoria da Relatividade, apenas em turmas do terceiro ano do Ensino Médio. Consideramos que precisariam ocorrer algumas mudanças em suas concepções, que só seriam possíveis se o indivíduo escolhesse tornar os seus subsistemas de construção permeáveis a construir novos construtos, assim como descrito por Kelly (2003) no Corolário da Modulação. Porém, após a vivência da Oficina sobre a Cinemática do Espaço-Tempo e a vivência da prática docente na escola campo de estágio, eles conseguiram perceber que poderiam começar a ensinar essa noção a alunos do Ensino Fundamental, e alguns acrescentaram que seria mais viável trabalhar sobre a Teoria da Relatividade sem mencioná-la aos alunos, para evitar que criassem um bloqueio psicológico ao acharem que esse assunto é muito complexo. Isso só reforça o que Kelly (2003) fala no Corolário da Experiência, que a experiência vai sendo enriquecida através da interpretação sucessiva e reconstrução dos acontecimentos, considerando o que aconteceu e como aconteceu.

Dois dos licenciandos (A1 e A3) vieram do curso de Licenciatura em Física presencial para o curso a distância, e pontuaram que no presencial não haviam conseguido perceber e entender alguns elementos da Relatividade, por estudá-los dissociados de uma aplicação prática. E que através deste trabalho, desenvolvido em um curso a distância, foi possível preencher essa lacuna. Diante disso, percebemos que o ensino presencial, às vezes, pode não ser tão eficaz quanto o ensino a distância.

Através desta pesquisa, foi possível perceber, que o curso a distância que acompanhamos, está totalmente voltado para a preparação de futuros professores de

Física, ao invés de ser um curso de Bacharelado disfarçado. Porém, essa modalidade de ensino também possui as suas dificuldades. Ao longo da pesquisa, os alunos questionaram o fato de a disciplina de Física Moderna só vir a ocorrer no último semestre do curso e que os poucos encontros presenciais, muitas vezes deixam a desejar no processo de ensino aprendizagem. Percebemos que ambas as modalidades possuem pontos positivos e negativos, e que ambas precisam ser consideradas como aptas a proporcionar uma boa formação acadêmica.

Alguns dos alunos pesquisados nos relataram, durante a Entrevista, que estavam desenvolvendo aulas sobre a Teoria da Relatividade, baseadas na vivência que tiveram durante nossa pesquisa, e que perceberam que, mesmo sem saber, já utilizavam algumas etapas do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) nessas aulas, e que acreditavam que a utilização desse ciclo auxiliava, não só no processo de aprendizagem do aluno, mas também em nortear o professor durante a sua prática docente. Lembrando que essa única entrevista foi dada após o encerramento da coleta de dados da pesquisa, podemos considerar que esses alunos terminaram a pesquisa, com uma percepção positiva sobre a utilização do CEK, tanto para a aprendizagem do aluno, quanto para nortear as atividades do professor.

Finalmente ressaltamos a necessidade de os alunos do curso a distância terem um tempo mínimo disponível para acessar diariamente o Ambiente Virtual, além estudarem o que foi proposto no Ambiente Virtual ou nos encontros presenciais. No caso desta pesquisa, sentimos falta dessa disponibilidade, por parte da maioria dos alunos.

Desenvolver este trabalho, deu-me a possibilidade de conhecer a Teoria dos Construtos Pessoais (TCP) de George Kelly e verificar o quanto ela pode contribuir para o processo de ensino aprendizagem. Passar pela experiência de desenvolver aulas baseadas no Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) e ver que pude contribuir para o processo aprendizagem dos alunos, fez-me ter mais certeza de que todo o esforço para a construção das aulas valeu a pena.

## REFERÊNCIAS

- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Esteia dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, PT: Edições 70, 1979.
- BARROS, Marcos Antonio; BASTOS, Heloisa Flora Brasil Nóbrega. Investigando o uso do Ciclo da Experiência Kellyana na compreensão do conceito de difração de elétron. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1: p. 26-49, abr. 2007.
- BORGES, Fabiana Vigo Azevedo. REALI, Aline Maria de Medeiros. Formação de professores e educação a distância: uma parceria na formação de professores-tutores-regentes. **Simpósio Internacional de Educação a Distância – SIED / Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância – EnPED**. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. 10 a 22 de setembro de 2012.
- BRANCO, Juliana Cordeiro Soares. **A educação a distância para o professor em serviço**. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- BRASIL. **Decreto-Lei 5.622**, de 19 de dezembro de 2005. Regulamenta o art. 80 da Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.
- BRASIL. **Lei nº 5.692**, de 11 de agosto de 1971. Lei de Diretrizes de Bases. Brasília, 19 de dezembro de 2005.
- BRASIL. **Lei nº. 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União. Brasília. 23 de dezembro de 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação a Distância. **Referenciais de qualidade para educação superior a distância**. Brasília: SEED/MEC, agosto de 2007.
- DAMASIO, Felipe; STEFFANI, Maria Helena. A física nas séries iniciais (2<sup>a</sup> a 5<sup>a</sup>) do ensino fundamental: desenvolvimento e aplicação de um programa visando a qualificação de professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.30, n.4, p. 4503.1-4503.9, São Paulo, Outubro/Dezembro 2008.
- DAVIES, Paul. **O enigma do tempo**: a revolução iniciada por Einstein. Tradução de I. Korytowski, 2. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1998.
- EINSTEIN, Albert. **Escritos da maturidade**: artigos sobre ciências, educação, relações sociais, racismo, ciências sociais e religião. Trad. Maria Luiza X. de A. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

EINSTEIN, Albert. Sobre o princípio da relatividade e suas implicações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n.1, p. 37-61, 2005.

ELIAS, Noberto. **Sobre o tempo**. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

FARIA, Adriano Antonio; SALVADORI, Angela. A educação a distância e seu movimento histórico no Brasil. **Revista das Faculdades Santa Cruz**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 15-22, janeiro/junho 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, Maria Elisa Resende. **As atividades de conhecimento físico na formação do professor nas séries iniciais**. 1997. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio; BRAGA, Marco. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3: p. 568-583, dez. 2010.

HORA, Dayse Martins; GONÇALVES, Rosilene Ramos; COSTA, Warley da. A construção de uma proposta para o estágio supervisionado na modalidade a distância. **Revista Científica – EccoS**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 125-142, jan/jun. 2008.

KELLY, George Alexander. A brief introduction to personal construct theory. In Bannister, D. (ed.): **Perspectives in personal construct theory**. London: Academic Press, 1970.

KELLY, George Alexander. **The Psychology of Personal Constructs. Volume one: Theory and Personality**. TAYLOR & FRANCIS E-LIBRARY, 2003.

KOELLING, Sandra Beatriz; LANZARINI, Joice Nunes. Educação a distância: a linguagem como facilitadora da aprendizagem. **III Encontro Nacional sobre Hipertexto**, Belo Horizonte, MG – 29 a 31 de outubro de 2009.

KOYRÉ, A. **Do mundo fechado ao universo infinito**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1986a.

KOYRÉ, A. **Estudos galilaicos**. Lisboa: Dom Quixote, 1986b.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Mariana de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEMOS, Nivaldo A.  $E=mc^2$ : Origem e Significado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.23, n.1, Niterói, Março, 2001.

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; TEIXEIRA, Odete Pacubi Baierl. Propostas e avaliação de atividades de conhecimento físico nas séries iniciais do ensino fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.21, N.1: p.65-82, Abr. 2004.

MORAES, Marialice de; VIEIRA, Eleonora Milano Falcão. **Introdução à EAD**. 2. ed. rev.atual. Florianópolis: Departamento de Ciências Contábeis/UFSC, 2009.

NETO, Francisco José da Silveira Lobo. Regulamentação da educação a distância: caminhos e descaminhos. In: SILVA, Marco. (org.). **Educação online: teorias, práticas, legislação e formação corporativa**. 4. ed.São Paulo: Edições Loyola, 2012.

NEWTON, Isaac. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**. Vol1. Trad. de Trieste Ricci *et al.* São Paulo: Nova Stella / EDUSP, 1990.

NÓVOA, António. **Formação de professores e profissão docente**, 1992. Disponível em: <[http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4758/1/FPPD\\_A\\_Novoa.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4758/1/FPPD_A_Novoa.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2015.

OLIVEIRA, Cristiane Barbosa Pinheiro de. **Teoria da Relatividade**, 2013. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/cristbarb/aula-02-teoria-da-relatividade-parte-01>> Acesso em: 13 jan. 2014.

PIAGET, Jean. **A noção de tempo na criança**. São Paulo: Record, 2002.

PIAGET, Jean. **Para onde vai a educação?** Rio de Janeiro: José Olympio, 1976.

PIETTRE, Bernard. **Filosofia e ciência do tempo**. Tradução de Maria Antonia Pires de C. Figueiredo. Bauru, SP: EDUSC, 1997.

PORLÁN, Rafael; RIVERO, Ana. **El conocimiento de los profesores: una propuesta formativa enel área de ciencias**. 1. Ed. Servilla, Espanha: Díada Editora S.L., 1998.

RELA, Eliana; ROCHA, Karla; CARVALHO, Marie Jane. Estágio na formação de professores no contexto das novas tecnologias de informação – princípios norteadores e desafios a serem enfrentados. **Teoria & Prática**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, jan/jun. 2007. ISSN 1516-084X.

RENN, Jürgen. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n.1, p. 27-36, Berlin, 2004.

ROCHA, Laurentino Gonçalves da. **A revisão construtiva na concepção de movimento retilíneo uniforme, da aristotélica para a galilaica.** 2005, 166 f. Tese (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife.

SANTOS, Milton. O tempo nas cidades. **Ciência e cultura**, cidade da revista, vol. 54, nº2, p. 21-22, São Paulo, Outubro/Dezembro 2002.

SILVA JÚNIOR, Adahir Gonzaga da. **Representação social do conceito de tempo nos licenciandos da UFRPE.** 2006. 100f. Tese (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife.

SILVA, Reinaldo Carvalho; COPETTE, Maria Conceição; SILVA, Annik; LIMA, Ricardo Pinheiro de; SILVA, Jessee Severo Azevedo; MACHADO, Sandro da Silva Livramento. Um higrômetro de vagem e a física no ensino fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n.2, p. 242-252, ago. 2002.

SOUZA, Paulo Henrique de. **Tempo, ciência, história e educação: um diálogo entre a cultura e o perfil epistemológico.** 2008. 237 f. Tese (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TANCREDI, Regina Maria Simoes Puccinelli; REALI, Aline Maria Medeiros; MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. **Programas de mentoria para professores das séries iniciais: implementando e avaliando um contínuo de aprendizagem docente.** São Carlos: PPGE/UFSCar, 2006. p. 380 (Relatório de Pesquisa 2).

TATTO, Maria Teresa. **Policies for teachers working in the periphery: an international review of the literature.** East Lansing: Michigan State University, 1993.

TEODORO, Caio César Bispo. **Pós-graduação e formação de professores: contribuições do PPGE da UFRPE para a formação de professores da educação superior.** 2013. 149 f. Tese (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife.

TIPLER, Paul Allen; LLEWELLYN, Ralph A. **Física moderna.** Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. 3. ed. Volume 3. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VELARDE, Alonso. Relatividad y elespacio-tiempo: una introducción para estudiantes de colégio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n.3, p. 262-277, La Paz, Setembro, 2002.

VIANA, Kilma da Silva Lima. **Avaliação da experiência: uma perspectiva da avaliação para o ensino das Ciências da Natureza.** 2014, 226 f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife.

WHITROW, Gerald James. **O que é o tempo na história:** uma visão clássica sobre a natureza do tempo. Tradução de M. Ighes Duque Estrada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005.

WHITROW, Gerald James. **O tempo na história:** concepções do tempo da pré-história aos nossos dias. Tradução de M. L. X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

WOLFF, Jeferson Fernando de Souza. **O ensino da teoria da relatividade especial no nível médio:** uma abordagem histórica e conceitual. 2005, 174 f. Tese (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS, Porto Alegre.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO1**

Nome: \_\_\_\_\_

1. Para você o que é Simultaneidade? E quais suas características principais?
2. O que é tempo? Como você definiria o tempo?
3. É possível aplicar a Teoria da Relatividade no cotidiano e obter algum resultado observável?

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2**

Nome: \_\_\_\_\_

1. Após a vivência da Oficina, como você passou a considerar o conceito de tempo?
2. A Oficina o ajudou a compreender a Teoria da Relatividade Especial? De que maneira?
3. O que você compreendeu sobre a Simultaneidade dentro da Teoria da Relatividade Especial?

### APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 3

1. Durante a Disciplina de Estágio Supervisionado IV, todo o processo envolvendo atividades e interações ligadas à Teoria da Relatividade Especial, foram trabalhadas em cima das cinco etapas do Ciclo da Experiência de George Kelly, que são: Antecipação, Investimento, Encontro, Confirmação ou Desconfirmação e Revisão Construtiva. Você percebeu que as atividades e interações seguiram essas etapas? Qual etapa você percebeu e a qual interação ela está associada?
2. Você acha que ao seguir essas etapas, elas contribuíram para a aprendizagem? Como?

## APÊNDICE D – ROTEIRO DA ENTREVISTA

1. Quantas vezes você leu o material sobre a Teoria da Relatividade Especial? Por que?
2. Durante o decorrer das atividades, você sentiu necessidade de reler os materiais didáticos? Por quê?
3. O que chamou mais sua atenção no material didático? Por quê?
4. Você sentiu necessidade de interagir mais com a pesquisadora sobre o tema abordado? Por quê?
5. Sentiu necessidade de uma interação e abordagem maior sobre a Teoria da Relatividade Especial? Por quê?
6. Como você se sentiu durante toda a vivência da disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV e as atividades que teve que desenvolver?
7. Achou em algum momento que a abordagem desse tema (Teoria da Relatividade) foi desnecessária?
8. Você acha que ao desenvolver atividades baseadas no Ciclo da Experiência de Kelly, durante a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado IV, trouxe contribuições para a sua aprendizagem?

## ANEXO A – OFICINA: A CINEMÁTICA DO ESPAÇO-TEMPO

I SEMINÁRIO DE FÍSICA DAMAS  
OFICINA: A CINEMÁTICA DO ESPAÇO-TEMPO  
Profs. Heloisa Bastos e Alexandron Tenório  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Depto. de Educação  
20/05/05

1ª Atividade: Organização do espaço e do tempo (Duração: 20 minutos).

Espaço - pontos igualmente espaçados nas duas direções perpendiculares entre si, que chamaremos de  $x$  e  $y$ .

Escala - as distâncias entre os pontos podem ser alteradas por um fator de escala. Trabalhamos os fatores  $1 \text{ u} / 1 \text{ m}$  e  $1 \text{ u} / 3 \times 10^8 \text{ m}$ .

Tempo - medido através de relógios localizados nos diversos pontos.

Sincronização de relógios - quando o fator de escala for  $1 \text{ u} / 1 \text{ m}$ , podemos sincronizar os relógios através de uma informação dada verbalmente. Nesse caso, todos ajustam seus relógios para o horário que for informado, no mesmo instante em que receberam a informação. Quando o fator de escala for  $1 \text{ u} / 3 \times 10^8 \text{ m}$ , sincronizaremos os relógios através de uma informação enviada em uma onda eletromagnética, que se propaga com a velocidade da luz  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300.000 \text{ Km/s}$ .

Verificação da sincronização - enviando e recebendo informação sobre um instante de tempo.

2ª Atividade: Observando eventos no espaço-tempo (Duração: 1 hora).

Consideremos uma nave espacial que se movimenta no espaço-tempo na direção  $x$ , com velocidade constante  $v = c/2$ .

A nave, em repouso, possui um comprimento  $L_0 = 1.500.000 \text{ Km} = 1,5 \times 10^6 \text{ Km}$ .

- a) Como medir o comprimento da nave em repouso?
- b) Como medir o comprimento da nave em movimento?

- a) “Estacionando” a nave no espaço-tempo podemos localizar seus extremos e calcular seu comprimento através de suas coordenadas ( $L_0 = 5c \text{ Km}$ )  $c = 3 \times 10^5 \text{ Km/s}$ .
- b) Com a nave em movimento, temos que relacionar as coordenadas de posição e tempo do referencial fixo na nave com aquelas do referencial fixo na sala (plataforma?). Para tanto, temos que nos basear nos postulados da relatividade restrita de Einstein e nas transformações de Lorentz. Inicialmente, a partir dos postulados de Einstein, podemos verificar que os intervalos de tempo medidos nos dois referenciais são diferentes. Suponhamos que um passageiro da nave envia um feixe de luz para ser refletido no teto da nave e voltar para o ponto de partida. Uma pessoa na plataforma vai observar o feixe fazendo uma trajetória diferente.

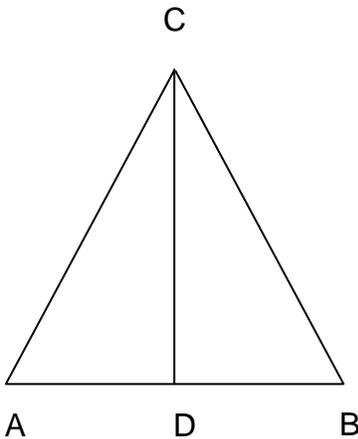
Consideremos a velocidade da nave igual a  $c/2 = 150.000 \text{ Km/s}$  em relação ao sistema de referência fixo na plataforma e que a nave gasta 10 s enquanto o feixe se movimenta, temos:

$v\Delta t = 150.000 \text{ Km/s} \times 10 \text{ s} = 1.500.000 \text{ Km} = \text{distância percorrida pela nave ao longo da plataforma.}$

A distância percorrida pela luz, com relação ao sistema de referência fixo na plataforma, durante esse intervalo de tempo é:

$\Delta S = AC + CB = c \Delta t = 300.000 \text{ Km/s} \times 10 \text{ s} = 3.000.000 \text{ Km.}$

Representando essas distâncias, como seriam vistas por um observador na plataforma, temos:



A trajetória percorrida pela luz durante esse intervalo, vista por um observador em repouso em relação à plataforma, corresponde aos segmentos AC + CB. É importante considerar essa velocidade da nave igual a  $c/2$ , para facilitar os cálculos. Com esse valor de velocidade, a distância percorrida pela nave, em relação ao sistema fixo na plataforma, é:

$$v\Delta t = c/2 \times 10 \text{ s} = 300.000/2 \text{ Km/s} \times 10 \text{ s} = 1.500.000 \text{ Km}$$

Dessa maneira, o triângulo ABC tem os três lados iguais, visto que:

$$AC = CB = c \Delta t/2 = 300.000 \text{ Km/s} \times 10/2 \text{ s} = 1.500.000 \text{ Km} = AB = v\Delta t$$

Durante esse intervalo de tempo, um passageiro dentro da nave, que envia um feixe de luz, em uma direção perpendicular à do movimento da nave, vê o feixe se mover em linha reta até o teto da nave e aí ser refletido, voltando ao ponto de partida. De acordo com as transformações de Lorentz, nas direções perpendiculares ao movimento da nave, as coordenadas nos sistemas fixo na nave e fixo na plataforma não sofrem mudança. Dessa maneira, considerando o triângulo ABC, a altura desse triângulo corresponde à altura da nave (distância entre o passageiro e o teto), que é percorrida duas vezes, enquanto a nave percorre a distância AB. Essa altura pode ser calculada pelo triângulo retângulo ACD e será denominada  $S_0$ . Usando o Teorema de Pitágoras, temos:

$$AC^2 = (AB/2)^2 + CD^2 = (AD)^2 + S_0^2$$

$$(c \Delta t/2)^2 = (v\Delta t/2)^2 + S_0^2 \text{ (eq. 1)}$$

Essa distância  $S_0$  pode ser calculada indiretamente pelo passageiro, usando o segundo postulado da relatividade, que afirma que a velocidade da luz não se altera quando se muda de referencial, e a cinemática, segunda a qual:

$$2S_0 = c \Delta t' \quad \text{em que } \Delta t' \text{ é o intervalo medido no relógio do passageiro para o movimento do feixe até o teto e a volta.}$$

Assim,

$$S_0 = c \Delta t'/2$$

Substituindo esse valor na equação 1, temos:

$$\begin{aligned} (c \Delta t/2)^2 &= (v\Delta t/2)^2 + (c \Delta t'/2)^2 \\ c^2 \Delta t^2/4 - v^2 \Delta t^2/4 &= c^2 \Delta t'^2/4 \quad (\text{eq. 2}) \end{aligned}$$

No caso de  $v = c/2$ ,  $v^2 = c^2/4$ . Substituindo na equação 2, temos:

$$\begin{aligned} \Delta t^2 (c^2 - v^2)/4 &= c^2 \Delta t'^2/4 \\ \Delta t'^2 &= \Delta t^2 (c^2 - v^2)/c^2 \end{aligned}$$

Extraindo a raiz quadrada de ambos os membros, temos:

$$\Delta t' = \Delta t (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

Lembrando que  $v$  é sempre menor do que  $c$ ,  $\Delta t'$  é menor do que  $\Delta t$ , ou seja, o intervalo de tempo medido pelo passageiro na nave é menor do que o intervalo de tempo medido por um observador fixo na plataforma.

No nosso caso, em que a velocidade da nave é igual à metade da velocidade da luz, a relação entre as duas medidas fica sendo:

$$\Delta t' = 0,866 \Delta t$$

No caso de um intervalo de tempo de 10 segundos, medido por um observador fixo na plataforma, o intervalo medido por um observador fixo na nave é igual a 8,66 segundos.

Se durante esse intervalo de tempo a nave percorreu uma plataforma, o comprimento da plataforma, calculado pela pessoa que está na plataforma é de:

$$\Delta S = v \Delta t = c/2 \times 10 = 300.000/2 \times 10 = 1.500.000 \text{ Km}$$

Já o passageiro da nave vê a plataforma passar por ele com a mesma velocidade relativa, porém, durante menos tempo, levando a:

$$\Delta S' = v \Delta t' = c/2 \times 8,66 = 1.299.000 \text{ Km}$$

Tudo se passa para o passageiro da nave como se a plataforma fosse mais curta.

Utilizando as transformações de Lorentz, podemos relacionar as coordenadas do espaço-tempo nos dois referenciais: fixo na plataforma (K) e fixo na nave (K')

$$x' = (x - vt) / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = (t - vx/c^2) / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

Colocando dois passageiros na nave e duas pessoas na plataforma, podemos montar a seguinte situação:

Quando o passageiro que está na frente da nave (B') passa pela pessoa que estão início da plataforma (A), os dois verificam seus relógios e os acertam para as 9h. Quando o início da nave chega ao final da plataforma (B), devido à sua velocidade ( $v = c/2$ ) e ao comprimento da plataforma, o relógio de B marca 9h 10s.

Pelo visto anteriormente, para o passageiro da nave, o intervalo de tempo foi mais curto e seu relógio irá marcar apenas 9h 8,66s.

Como esse passageiro vê a plataforma se movimentando com uma velocidade com o mesmo módulo, para ele a plataforma tem um comprimento menor, dado por:

$$\Delta S' = v \Delta t' = c/2 \times 8,66 = 1.299.000 \text{ Km}$$

A nave também parece mais curta para o observador parado na plataforma, pois ela começa a passar por ele às 9h e termina às 9h 8,66s.