

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

RAFAEL BATTISTELLA NADAS

**A MUDANÇA DE PERFIL CONCEITUAL ACERCA DOS CONCEITOS DA TEORIA  
DA RELATIVIDADE DURANTE O CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DA  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

RAFAEL BATTISTELLA NADAS

**A MUDANÇA DE PERFIL CONCEITUAL ACERCA DOS CONCEITOS DA TEORIA  
DA RELATIVIDADE DURANTE O CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DA  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de TCC 2, do curso de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho.

CURITIBA

2017



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CÂMPUS CURITIBA**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA - DAFIS**

**TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Título: A MUDANÇA DE PERFIL CONCEITUAL ACERCA DOS CONCEITOS DA TEORIA DA RELATIVIDADE DURANTE O CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

Autor: Rafael Battistella Nadas

Orientador: Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho

Este trabalho foi apresentado às 11:00, do dia 29/06/2017, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do curso de Licenciatura em Física, do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Curitiba. A comissão examinadora considerou o trabalho\_\_\_\_\_.

Comissão examinadora:

---

Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho

---

Prof. Dr. Jorge Alberto Lenz

---

Profa. Dra. Luciana Rocha Hirsch

---

Profa. Dra. Noemi Sutil  
Professora Responsável pelas Atividades de  
Trabalho de Conclusão de Curso/ Curso de  
Licenciatura em Física  
(DAFIS/UTFPR)

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso certamente não foi fácil e não conseguiria ter alcançado o término deste se não fosse por algumas pessoas muito importantes.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Nestor Cortez Saavedra Filho, pelo suporte que me foi dado durante todo este processo que durou aproximadamente um ano. Com muitas outras tarefas para cumprir, consegui um encaixe em sua agenda. Por este motivo, aqui deixo o meu muito obrigado.

Agradeço todos os professores do Departamento Acadêmico de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná que fizeram parte de minha formação em nível superior, culminando com a apresentação deste trabalho.

Agradeço também todos os meus colegas que conheci durante a graduação. Todos fizeram uma pequena parte deste trabalho seja de maneira direta ou indireta.

Em especial, devo agradecer também à minha fiel companheira e namorada Thaís Ananda dos Santos que esteve comigo desde o começo da formação deste trabalho.

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – EVOLUÇÃO DO PERCENTUAL DE ACERTO .....	32
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1: ALUNOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SEPARADOS POR PERÍODOS .....	25
TABELA 2: ALUNOS PARTICIPANTES DA PESQUISA SEPARADOS PELO NÚMERO DE DISCIPLINAS ESPECÍFICAS CURSADAS .....	26
TABELA 3:PERCENTUAL DE ACERTO DE CADA QUESTÃO POR GRUPO DE ALUNOS .....	27

## RESUMO

NADAS, Rafael B. A Mudança de Perfil Conceitual acerca dos Conceitos da Teoria da Relatividade Durante o Curso de Licenciatura em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

O Ensino de Física Moderna e Contemporânea tem sido um objeto de preocupação na formação de professores de Física na Educação Básica desde a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+). O presente trabalho apresenta um estudo da evolução do entendimento dos alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná acerca dos conceitos das Teorias da Relatividade Restrita e Geral. A teoria base para avaliar este entendimento foi a Mudança de Perfil Conceitual proposta por Mortimer (1996). Para que isto seja atingido, foi aplicado um questionário em noventa e nove alunos de todos os períodos e egressos do curso em questão. A análise dos dados obtidos foi feita usando a Análise de Conteúdo de Bardin (2011). Uma relação das respostas dos alunos com o número de disciplinas específicas que detém na ementa assuntos voltados à Teoria da Relatividade foi feita. Utilizando escala Likert (VIEIRA, 2009) foi atribuído notas as respostas dos participantes e criado assim um Percentual de Acerto das questões. Após uma análise individual de cada uma das questões, foi observado que os alunos do curso apresentam indícios de mudança de perfil conceitual (evolutiveamente) acerca dos temas em questão.

**Palavras-chave:** Teoria da Relatividade Restrita. Mudança de Perfil Conceitual. Ensino de Física Moderna. Licenciatura em Física.

## ABSTRACT

NADAS, Rafael B. A Mudança de Perfil Conceitual acerca dos Conceitos da Teoria da Relatividade Durante o Curso de Licenciatura em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

The teaching of Modern Physics has been an object of concern in the formation of Physics Teachers of Basic Education since the publication of the National Curricular Parameters + (PCN+). This research presents a study about the understanding that students of Physics Teaching from the Federal Technological University of Paraná have regarding concepts of the Special and General Theories of Relativity. The base theory used to evaluate this understanding was the Conceptual Profile Change proposed by Mortimer (1996). To achieve that, a questionnaire was applied to ninety-nine students and former students of the Physics course. The data analysis was made using Bardin's Content Analysis (2011). A relation between the student's answers and the number of specific subjects that have on its syllabus contents related to the Theory of Relativity they have coursed was established and it was evaluated using the Likert scale (VIEIRA, 2009), in which certain weights were attributed to the participant's answers, generating an Accurate Percentage for each question. After an individual analysis of the questions, it was observed that students present indications of Conceptual Profile Change (evolutionarily) regarding the subjects of interest during the course.

**Keywords:** Special Relativity. Conceptual Profile Change. Modern Physics Teaching. Physics Teaching.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. PROBLEMA DE PESQUISA .....	11
3. OBJETIVOS .....	11
3.1. OBJETIVO GERAL.....	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. JUSTIFICATIVA .....	12
4.1. JUSTIFICATIVA PESSOAL .....	12
4.2. JUSTIFICATIVAS ESPECÍFICAS.....	12
5. REFERENCIAL TEÓRICO .....	13
5.1. MUDANÇA CONCEITUAL .....	13
5.2. MUDANÇA DE PERFIL CONCEITUAL .....	15
5.3. TEORIA DA RELATIVIDADE NOS CURSOS DE LICENCIATURA EM FÍSICA. ....	16
5.3.1. Relatividade Restrita .....	17
5.3.2. Relatividade Geral.....	19
5.4. ENSINO DE RELATIVIDADE EM NÍVEL MÉDIO .....	20
6. METODOLOGIA.....	21
6.1. SUJEITO, COTEXTO E PERÍODO .....	22
6.2. CONSTITUIÇÃO DE DADOS.....	22
6.3. ANÁLISE DE DADOS .....	23
6.3.1. Questão 05 .....	25
6.3.2. Questão 06 .....	25
6.3.3. Questão 07 .....	25
6.3.4. Questão 08 .....	26
6.3.5. Questão 09 .....	26
7. RESULTADOS .....	26
7.1. Questão 05 .....	28
7.2. Questão 06 .....	29
7.3. Questão 07 .....	30
7.4. Questão 08 .....	31
7.5. Questão 09 .....	32
7.6. Análise Conjunta dos Resultados .....	32
8. CONCLUSÃO .....	33
9. REFERÊNCIAS.....	35

APÊNDICE A.....	37
ANEXO A.....	38
ANEXO B.....	39
ANEXO C.....	42

## **1.INTRODUÇÃO**

No presente trabalho será analisado se há indícios de mudança de perfil conceitual dentre alunos regulares e egressos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) acerca dos conceitos da teoria da relatividade. Para isto, será aplicado um questionário contendo questões específicas sobre este assunto para todos os alunos e ex-alunos do curso.

## **2. PROBLEMA DE PESQUISA**

A questão de pesquisa associada ao presente trabalho é: Baseando-se nos documentos oficiais (que serão melhor explorados na seção 5.3) e na literatura em ensino de Física, há indícios de mudança de perfil conceitual em relação à teoria da relatividade dos alunos e egressos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)?

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é: fazer um diagnóstico com suporte da literatura para verificar se há indícios de mudança de perfil conceitual dos alunos ao longo do curso de Licenciatura em Física da UTFPR, no que diz respeito aos conceitos da Teoria da Relatividade.

### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos podem ser vistos como etapas para que o objetivo geral seja alcançado. No caso do presente trabalho, podem ser salientados dois:

- 01) Criar um instrumento de avaliação que possibilite a verificação se há ou não indícios de mudança de perfil conceitual sobre os conceitos relacionados à teoria da relatividade.
- 02) Identificar se há ou não indicativos de concepções alternativas dos alunos e egressos do curso de Licenciatura em Física acerca dos temas abordados.

## 4. JUSTIFICATIVA

Um projeto de pesquisa necessita ter uma justificativa do por que este é importante, tanto para o pesquisador quanto para a sociedade.

### 4.1. JUSTIFICATIVA PESSOAL

Os assuntos de Física Moderna sempre foram de grande interesse para mim e foi uma das grandes razões para iniciar o curso de Licenciatura em Física. No entanto, ao entrar no curso percebi a falta de disciplinas relacionadas a estes conteúdos no início do curso, o que foi um motivo para desânimo com relação ao curso. Isso me motivou para tentar estudar algo relacionado ao tema “Física Moderna” durante o meu trabalho de conclusão de curso.

### 4.2. JUSTIFICATIVAS ESPECÍFICAS

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o Ensino Médio (BRASIL, 2002), este nível de ensino deve “preparar o aluno para a vida e qualificar para a cidadania”. Rodrigues (2011) aponta que há um consenso entre os pesquisadores em ensino de física que, devido a constante presença de Física Moderna nos aparelhos tecnológicos atuais, é necessário o entendimento destes conceitos para que o aluno esteja situado na época em que este está inserido. Neste contexto, Potenza (2011) defende que, para que os alunos do ensino médio consigam aprender adequadamente os conteúdos de Física Moderna, o professor deve, dentre outros fatores, ter clareza de prioridades acerca dos conteúdos que serão abordados. Esta clareza de prioridades é, em suma, discernir o que é mais importante dentre os conteúdos. Para que haja este poder de discernimento do professor, Potenza (2011) comenta que muito desta clareza vêm do ensino superior: durante a formação, o licenciando tem que construir uma base sólida nos assuntos de física moderna. Portanto, como os conceitos de relatividade podem ser encontrados em diversos aparelhos tecnológicos, em especial o sistema de posicionamento global (GPS), é importante investigar se há indícios que os licenciandos estão compreendendo de maneira satisfatória os conhecimentos da Teoria da Relatividade nas disciplinas específicas no curso de Licenciatura em Física da UTFPR.

Ainda sob a alçada da formação de cidadãos explicitada pelos PCN+, uma alfabetização científica, isto é, “a compreensão de conceitos chaves das ciências; a compreensão de termos e conceitos chaves das ciências; e, o entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 63), se torna uma possibilidade para a inclusão social (CHASSOT, 2003), pode fazer com que o ensino médio cumpra o papel proposto pelos PCN+. Como a teoria da Relatividade revolucionou a Física de altas velocidades e de escalas cosmológicas, bem como o nosso entendimento do conceito de tempo e espaço, é importante que os alunos sejam alfabetizados neste assunto.

## 5. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico utilizado para este trabalho se baseia na Mudança de Perfil Conceitual. No entanto, para que haja melhor entendimento do assunto, uma outra que apresenta similaridades com esta teoria será comentada: A Mudança Conceitual.

Como o trabalho é relacionado à Teoria da Relatividade Restrita, a fundamentação desta parte também será apresentada neste capítulo com o auxílio do livro didático “Modern Physics for Scientists and Engineers” de Stephen T. Thornton e Andrew Rex. A escolha deste livro foi embasada no fato de que este livro é introdutório e possui uma linguagem de fácil compreensão.

Por fim, pela pesquisa ter como sujeitos os alunos de um curso de licenciatura, a Teoria da Relatividade no ensino médio também será analisada para verificar a ponte que deveria existir do nível superior para o nível médio.

### 5.1. MUDANÇA CONCEITUAL

A mudança conceitual depende principalmente de dois fatores: as condições para que ela aconteça e a ecologia conceitual (EL-HANI; BIZZO, 1999). Segundo estes autores, também é uma parte importante desta questão os conflitos cognitivos e os modos de evolução conceitual. Está no cerne da mudança conceitual a questão do *status* de um conceito, isto é, para que ocorra mudança conceitual, o *status* de um conceito deve ser suprimido relativamente a um outro.

Para que ocorra uma mudança conceitual, isto é, para que haja a acomodação de um novo conhecimento, são necessários quatro componentes:

inteligibilidade, plausibilidade, fertilidade e insatisfação. O primeiro diz respeito ao entendimento da situação problema: o aluno consegue compreendê-la e representá-la. O segundo faz referência ao fato de se o aluno identifica o problema como solucionável a partir do seu entendimento atual. O terceiro relaciona com o significado que a situação problema tem para o aluno. Por fim, o quarto diz respeito de um conflito entre uma ideia anterior do aluno que é intuitiva para ele, mas que falha em certas situações que devem ser explicitadas pelo professor. Todas estas componentes fazem parte da ecologia conceitual do aluno (EL-HANI; BIZZO, 1999).

Segundo El-Hani e Bizzo (1999), a ecologia conceitual tem relação com o conjunto de conhecimentos que o aluno chega em sala de aula, via esta pela qual a mudança conceitual pode ocorrer. Dentre diversos aspectos citados pelos autores que são importantes para que haja acomodação de um novo conceito na ecologia conceitual, dois são salientados: as anomalias, que seriam as estranhezas na teoria primitiva do aluno, e as suposições fundamentais, que são os pilares nos quais esta teoria primitiva está apoiada.

Durante este processo de acomodação na ecologia conceitual, é fundamental que o aluno seja submetido a um processo de conflitos cognitivos. Este processo deve ter o professor como um dos atuantes, fornecendo situações problemas com o intuito de reduzir o *status* de uma teoria pré-existente (EL-HANI; BIZZO, 1999).

El-Hani e Bizzo (1999) ainda comentam que existem dois tipos de evoluções conceituais. O primeiro é a assimilação, pela qual o aluno busca moldar os conhecimentos prévios para entender novas situações. O segundo é a própria acomodação, que também pode ser chamada de troca conceitual, isto é, a substituição de um conteúdo por outro. Este processo de troca conceitual é fundamental para que ocorra a mudança conceitual.

A teoria da mudança conceitual pode ser interessante para tratar da aprendizagem de ciências uma vez que esta depende da aprendizagem de novos conhecimentos (EL-HANI; BIZZO, 1999). A teoria da relatividade não é diferente, isto é, o ensino por mudança conceitual pode ser *a priori* uma boa forma de aprendizado deste tópico. O conceito da teoria proposta por Einstein possui um precursor na Física: a Física clássica, que, neste contexto, pode ocorrer uma mudança conceitual em direção à relatividade. No entanto, como será explicitado na próxima seção, há algumas críticas para o seu emprego. Por causa destas críticas, esta teoria irá sofrer

algumas adaptações e uma outra teoria é proposta: A Mudança de Perfil Conceitual. Essa “nova” teoria servirá de base para o desenvolvimento do presente trabalho.

## 5.2. MUDANÇA DE PERFIL CONCEITUAL

Conforme apresentado no item anterior, a mudança conceitual pode ser uma ideia interessante para o aprendizado de ciências em geral. No entanto, esta teoria depende da repressão de um conceito do senso comum para que haja o aprendizado de um outro cientificamente mais apropriado (EL-HANI; BIZZO, 1999). Esta chamada “diminuição de *status*” pode gerar problemas para um jovem que está sendo introduzido a um conteúdo novo uma vez que sua cabeça é fértil de ideias. Isto faz com que se torne complicado selecionar as ideias para que somente aquele conceito mais “correto” prevaleça sobre os demais (MORTIMER, 1996).

Ainda sob esta ótica, Mortimer (1996) comenta que o conhecimento não pode ser subdividido em pequenas porções sendo capaz de dividir o que seria um conceito correto de um incorreto. Os conhecimentos do senso comum e empíricos são de certa forma apropriados para diferentes situações que o aluno passa fora da sala de aula.

Portanto, é proposta a ideia dos chamados “Perfis Conceituais” (MORTIMER, 1996). Neste, cada aluno possui uma gama de conhecimentos que estão separados nas chamadas “zonas científicas”. As zonas científicas são definidas de tal forma que um conhecimento que está presente em uma zona “acima” na hierarquia possui uma capacidade de explicação maior que os da zona anterior.

Dentro desta teoria, Mortimer (1996) salienta que é importante que o aluno tenha ciência do seu perfil para que o aprendizado seja mais eficiente. Isto faz com que o aluno tenha um domínio de escolha sobre o momento em que irá utilizar um determinado conceito baseado no contexto. Para avaliar se o aluno tem ou não consciência do seu perfil pode se verificar se ele utiliza ou não conceitos anteriores para explicar situações inéditas: caso ele faça isto, é um indício de que ele não tem plena ciência do seu perfil (MORTIMER, 1996).

Nesse contexto, a mudança de perfil conceitual poderia ser uma forma interessante de analisar o aprendizado dos licenciandos com relação à teoria da relatividade. Os alunos têm um conhecimento prévio bem enraizado, que seria a mecânica Newtoniana, que é um ferramental que é complementado pela relatividade proposta por Einstein. No entanto, não é necessário abandonar completamente os

conceitos da mecânica clássica. É preciso apenas que a pessoa tenha clareza em quais situações esta pode ser aplicada e em quais ela falha.

A mecânica Newtoniana é um caso especial da teoria da relatividade de Einstein, tendo a segunda como complemento da primeira. Quando é tratado com velocidades muito baixas comparativamente com a da luz no vácuo ou com massas não muito grandes de forma que a curvatura no tecido do espaço-tempo não seja tão acentuada, a relatividade não é mais necessária para os cálculos, fazendo com que a teoria clássica seja suficiente. No entanto, quando estes requisitos passam a ter importância nos cálculos, a mecânica clássica apresenta inconsistências que são passíveis de observação (i.e. órbita irregular de mercúrio ou a curvatura da luz de estrelas).

### 5.3. TEORIA DA RELATIVIDADE NOS CURSOS DE LICENCIATURA EM FÍSICA.

A teoria da relatividade nos cursos de Licenciatura em Física está presente devido, dentre outros fatores, a sua exigência no currículo do ensino médio (POTENZA, 2011). Conforme será visto no próximo item deste capítulo, algumas partes deste conteúdo são previstas nos documentos oficiais e estão presentes em livros didáticos desse nível de ensino.

Nessa lógica, é fundamental para a formação de licenciandos, que serão futuros professores, que estes conceitos sejam ensinados durante a graduação. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+), o ensino de física de nível médio deve “construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p. 59). Nesta ótica, é importante que o aluno tenha uma ideia do funcionamento de equipamentos tecnológicos que envolvem conceitos de Relatividade (POTENZA, 2011), como por exemplo, o sistema de posicionamento global, GPS (RODRIGUES, 2011).

Por estes motivos citados acima, como os licenciandos vão estar à frente de uma sala de aula do ensino médio, é proposto por este trabalho uma análise da mudança do perfil conceitual dos licenciandos em Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) dos temas relacionados à teoria da relatividade. Primeiramente, é necessário definir quais serão os temas abordados nesta pesquisa, o que será feito nos itens seguintes.



### 5.3.1. Relatividade Restrita

Para os itens 5.3.1 e 5.3.2, foi utilizado como fonte o livro “Modern Physics for Scientists and Engineers”, de Stephen T. Thornton e Andrew Rex.

A relatividade restrita foi proposta por Einstein em 1905. Esta teoria buscava conciliar a Eletrodinâmica de Maxwell com as transformações de Galileu e contemplar os resultados do experimento de Michelson-Morley, bem como complementar a mecânica clássica de Newton, que era o modelo de descrição do universo utilizado até então. Newton trabalhava com a ideia de velocidade relativa e que as leis da Física deveriam ser invariantes independente do referencial que se é adotado. Portanto, é proposto o seguinte experimento mental, considerando dois referenciais, um em repouso e outro em movimento com velocidade constante  $v$  ao longo do eixo  $x$ . Uma pessoa na origem do referencial em repouso pretende descrever o movimento de uma pessoa no outro referencial. Portanto, essas transformações de coordenadas podem ser escritas como:

$$x' = x - vt;$$

$$y' = y;$$

$$z' = z;$$

Vale salientar que estas transformações foram desenvolvidas para uma dimensão, mas para mais dimensões os processos são análogos.

Estas são as chamadas transformações de Galileu. Essas transformações estão de acordo com a chamada invariância de Galileu, isto é, as leis de Newton não sofrem alterações quando submetidas a estas transformações. No entanto, as equações de Maxwell não são invariantes perante essas transformações. Isso causou desconforto para Einstein, desconforto este que culminou na descoberta de uma nova forma de descrever o universo.

A teoria da relatividade restrita, ou teoria da relatividade especial, é embasada nos dois postulados de Einstein, sendo eles:

1. Princípio da relatividade, que diz que as leis da física devem ser as mesmas em todos os sistemas inerciais.
2. Constância da velocidade da luz no vácuo, que diz que a velocidade da luz no vácuo é uma constante, independente do referencial em que ela é medida.

Estes postulados fazem com que haja a necessidade de uma alteração nas transformações de Galileu, agora não mais com o tempo como uma grandeza absoluta que vale para todos os referenciais, mas como algo que é relativo ao

referencial que se é adotado. As transformações de Galileu podem ser substituídas pelas transformações de Lorentz que para a mesma situação apresentada no início do item ficam:

$$\begin{aligned}x' &= \frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}; \\y' &= y; \\z' &= z; \\t' &= \frac{t-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}};\end{aligned}$$

Novamente, apenas para uma dimensão, onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo. Pode-se definir a  $\beta$  como sendo  $\frac{v}{c}$  e  $\gamma$  como  $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ . Desta forma, as equações das transformações de Lorentz ficam mais compactamente escritas como:

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - \beta ct); \\y' &= y; \\z' &= z; \\t' &= \gamma\left(t - \frac{\beta x}{c}\right);\end{aligned}$$

A dedução das transformadas de Lorentz fogem do escopo deste trabalho.

Como resultado deste tratamento do tempo não mais como absoluto, surgem diversos fenômenos como a dilatação do tempo (em que relógios em movimento marcam o tempo mais devagar do que um relógio parado em um referencial), contração do espaço (o espaço para algo que está em movimento é menor do que para algo que está em repouso), a adição das velocidades relativísticas, o paradoxo dos gêmeos, o espaço-tempo indissociável (não é possível separar espaço de tempo, criando assim o espaço-tempo), momento relativístico, energia relativística de repouso (de onde emerge a famosa equação  $E = mc^2$ ), dentre outros resultados.

No presente trabalho, foi julgado como fundamental para o entendimento da Teoria da Relatividade Restrita que o aluno tenha conhecimento principalmente dos tópicos: Referencial inercial, constância da velocidade da luz, contração do espaço e dilatação do tempo.

É interessante notar que a relatividade restrita trata apenas de fenômenos que não envolvem sistemas acelerados. Para explicar tais fenômenos é necessária uma ferramenta mais ampla: a relatividade geral. Este tópico será tratado no próximo item.

### 5.3.2. Relatividade Geral

A relatividade geral é um tema de complexidade matemática elevada. Por este fato, será feita apenas uma discussão qualitativa neste trabalho. É importante ressaltar que a Relatividade Geral não está presente explicitamente na ementa de nenhuma das disciplinas do curso.

Esta teoria pode ser introduzida da seguinte maneira: será considerado uma nave espacial completamente fechada. Um astronauta no interior da nave percebe uma aceleração voltada para baixo com módulo de  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Esta pessoa não poderia saber se essa nave está parada na superfície da Terra ou se está no espaço com uma aceleração igual à da Terra. Este desconhecimento do astronauta é uma ilustração do princípio da equivalência de Einstein, que diz:

Não há nenhum experimento que possa ser feito em um espaço confinado pequeno que seja capaz de detectar a diferença entre um campo gravitacional uniforme e uma aceleração uniforme equivalente. (THORNTON; REX, 2013, p. 557)

A partir do princípio da equivalência é que finalmente pode ser solucionado um problema que persistia desde a época de Newton: a igualdade entre massa gravitacional e massa inercial. Ainda levando isso em consideração, Einstein passou a entender a gravidade não mais como uma força, mas apenas como uma curvatura do espaço-tempo. A força gravitacional que é observada no universo seria apenas um resultado desta curvatura.

Desta teoria, diversos resultados podem ser retirados como a curvatura da luz de estrelas que estariam bloqueadas pelo Sol mas mesmo assim é possível observá-las, desvios na órbita de Mercúrio, ondas gravitacionais, Buracos Negros, dentre outros resultados.

As teorias da relatividade geral e restrita, apesar de serem teorias contra intuitivas, já passaram por inúmeros experimentos pela academia científica e hoje não há mais questionamentos sobre a validade delas. No entanto, Brockington e Pietrocola (2005) levantam a questão de se estas teorias são passíveis de transposição didática para o ensino médio, devido ao grande teor matemático e complexidade dos fenômenos estudados. Este tema será tratado no item 5.4 deste trabalho.

No presente trabalho, foi julgado como fundamental para o entendimento da Teoria da Relatividade Geral a questão do princípio da equivalência.

#### 5.4 ENSINO DE RELATIVIDADE EM NÍVEL MÉDIO

A passagem dos conteúdos de física moderna para o ensino médio já é algo conhecido e defendido por muitos cientistas da área de ensino de física (RODRIGUES, 2011). Conforme comentado no item 3 deste trabalho, documentos oficiais como o PCN+ corroboram a importância do ensino da teoria da relatividade no ensino médio. Além disso, neste mesmo documento ainda há uma seção exclusiva intitulada “Universo, Terra e Vida” (BRASIL, 2002). Como a relatividade geral é a atual forma de descrição do universo, é importante que este seja ensinado no ensino médio.

Esta tendência ainda pode ser observada no edital do Programa Nacional do Livro Didático do ano de 2015. É colocado como critério eliminatório se o livro

trata de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho. (BRASIL, 2013, p.67).

Com isto, é possível perceber que há uma preocupação para que o ensino de física moderna, nesta incluída a relatividade, esteja presente no ensino médio. À título de exemplo, foram analisados dois exemplares do volume 3 de livros aprovados pelo PNLD 2015: Física Ciência e Tecnologia, de Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferrano e Paulo Antonio de Toledo Soares e o Quanta Física de Carlos Aparecido Kantor, Lilio Alonso Paoliello Jr., Luís Carlos de Menezes, Mareclo de Carvalho Bonetti, Osvaldo Canato Jr, Viviane Moraes Alves.

O primeiro possui um capítulo inteiro para tratar da relatividade especial. Neste, são colocados os tópicos: Transformações Galileanas, A Relatividade de Newton, a Experiência de Michelson e Morley, A relatividade de Einstein, Consequências da Relatividade de Einstein, Adição das Velocidades, Energia Relativística e Noções de Relatividade Geral (TORRES; FERRARO; SOARES, 2010).

O segundo possui um tópico dentro de um capítulo denominado “A Física Quântica e a relatividade” que trata também da teoria da relatividade. Dentro desse

tópico são abordados a relatividade de Galileu, a unidade do espaço tempo, a dilatação do tempo, contração dos comprimentos, a curvatura do espaço-tempo e buracos negros (KANTOR et al., 2013).

É possível então notar que os documentos oficiais preveem o ensino da teoria da relatividade e os livros possuem estes tópicos. No entanto, Potenza (2011) comenta que o ensino de física moderna em geral não é ensinado de maneira satisfatória no ensino médio. A autora defende que uma possível razão para este fato é a falta de clareza de prioridades, isto é, a qual conteúdo deve ser dada maior importância, e a falta de autonomia dos licenciandos durante o curso de graduação. Esta falta de clareza de prioridades e autonomia pode se propagar para quando o licenciando se tornar professor.

Devido a isto, este trabalho pretende analisar a mudança do perfil conceitual dos alunos de Licenciatura em Física da UTFPR acerca dos temas de física moderna. Ao analisar se os conceitos são dominados pelos licenciandos, é mais provável que estes se sintam seguros para ensiná-los no ensino médio quando atuando como professor.

## **6. METODOLOGIA**

A metodologia de pesquisa presente neste trabalho será uma pesquisa com ênfase em qualitativa. Segundo Moreira (2011), uma pesquisa qualitativa tem um viés mais interpretativo e descritivo, mantendo a questão numérica em segundo plano. Além disso, esta leva em consideração a linguagem cotidiana que os sujeitos da pesquisa utilizam bem como os significados contextuais utilizados por eles. Este tipo de pesquisa também pressupõe a formulação de hipóteses pelo pesquisador para analisar os dados obtidos através da coleta de dados.

Para a análise e tratamento dos dados obtidos será utilizada a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011). Para tornar os dados válidos e consideráveis, será utilizado também um tratamento estatístico a fim de alcançar este objetivo (BERELSON apud GIL, 2008).

## 6.1. SUJEITO, CONTEXTO E PERÍODO

A pesquisa do presente trabalho foi realizada no primeiro semestre de 2017 com alunos e egressos do curso de licenciatura em física da UTFPR. Para que seja possível uma análise mais profunda dos dados, é necessário analisar o contexto em que estes estão inseridos.

Nesse sentido, é preciso salientar que há apenas três disciplinas no curso que dizem respeito à teoria da relatividade: Filosofia e História da Física Moderna, Fundamentos da Teoria da Relatividade e da Física Quântica e Projetos de Ensino em Física Moderna. Portanto, é esperado que os alunos que já tenham passado por tais disciplinas tenham um conhecimento sobre a teoria da relatividade maior do que os alunos que ainda não cursaram estes cursos.

Outro fator também referente à organização das disciplinas é a mudança de matriz curricular ao longo do curso. Desde 2009 (quando o curso foi criado) até o primeiro semestre de 2017 foram ofertadas três matrizes diferentes. Apesar das disciplinas que têm na ementa tópicos relacionados a teoria da relatividade não terem sido alteradas, o período do curso em que ela é ofertada foi alterado em uma das mudanças.

Na primeira e segunda matrizes do curso, matrizes 596 e 701 (Anexos A e B), as disciplinas se encontram no quinto, sétimo e oitavo período respectivamente. Na terceira matriz curricular, 826 (Anexo C), as disciplinas estão no oitavo, sétimo e oitavo período respectivamente. As matrizes curriculares foram obtidas no sítio do curso ([fisica.ct.utfpr.edu.br](http://fisica.ct.utfpr.edu.br)).

## 6.2. CONSTITUIÇÃO DE DADOS

A constituição dos dados do presente trabalho foi feita por meio de um questionário. Este questionário contém questões fechadas e abertas acerca de temas relacionados a teoria da relatividade. Foram formuladas perguntas para identificar se há indícios de mudança de perfil conceitual acerca destes conteúdos à medida que os alunos passaram pelas disciplinas. Este questionário pode ser encontrado no Apêndice A.

### 6.3. ANÁLISE DE DADOS

Para analisar os dados obtidos pelo questionário será utilizado análise de conteúdo de Laurence Bardin (2011). Segundo a autora, análise de conteúdo pode ser definida como um processo que vai delimitar quais informações se quer obter de um assunto. A partir disso, definir critérios para analisá-las. A análise de conteúdo pode ser dividida em três etapas: A pré-análise, a codificação e o tratamento dos resultados.

Segundo Bardin (2011), a pré-análise possui diversos pontos. No entanto, para este trabalho será dada ênfase em três: a leitura flutuante, isto é, uma leitura identificando os principais pontos das respostas dos sujeitos no questionário, a formulação de hipóteses, que será feita para interpretar a partir dos resultados se há ou não indícios de mudança de perfil conceitual dos alunos, e a determinação das regras de corte, na qual será definido como serão separadas as respostas para a codificação.

A codificação é a parte em que serão aplicadas as regras de corte para a formulação de unidades de registro e de contexto. As unidades de registro seriam quais elementos vão ser utilizados para classificar as respostas. Por exemplo, uma palavra que é muito corriqueira, uma ideia colocada pelos sujeitos que mostra que eles têm conhecimento sobre determinado assunto, dentre outras. As unidades de contexto são mais gerais que as unidades de registro. São nelas que pode-se agrupar dados que mostram que os sujeitos detêm determinado conhecimento ou que não têm as ideias claras sobre um assunto específico (BARDIN, 2011).

Por fim, a autora fala que o tratamento dos resultados é a síntese e seleção destes, tendo em vista as unidades de registro e contexto que foram previamente determinadas, seguida de uma interpretação do seu significado.

Para síntese e análise das respostas do questionário, foi organizado um instrumento em escala Likert (VIEIRA, 2009). No questionário, há cinco perguntas relacionadas aos conceitos da Teoria da Relatividade. A pergunta 05 trata de Referenciais Inerciais; pergunta 06 da constância da velocidade da luz independente do referencial; pergunta 07 da contração do espaço; pergunta 08 da dilatação do tempo; e pergunta 09 do princípio da equivalência. Foram atribuídas notas às

respostas: resposta totalmente correta obtiveram nota 2, parcialmente correta nota 1 e errada ou não respondida nota 0.

Em busca de atingir o objetivo do presente trabalho (verificar se há indícios da mudança de perfil conceitual do aluno ao passar pelas disciplinas específicas do curso), foram divididos os questionários em quatro grandes grupos: Alunos que não passaram por nenhuma das disciplinas específicas do curso; alunos que passaram por uma; alunos que passaram por duas; e alunos que passaram por todas. Então, dados os critérios de notas especificados no parágrafo anterior foi calculado o percentual de acerto dos alunos de cada grupo através da seguinte equação:

$$P = 100 \sum_{i=1}^N \frac{n_i}{2N};$$

Em que:

$P$  = Percentual de acerto;

$n_i$  = Nota da resposta de cada aluno;

$N$  = Número de alunos que participaram da pesquisa.

Ou seja, para cada pergunta, cada grupo de alunos obteve um percentual de acerto que pode então ser comparado com o percentual de acerto dos outros grupos, criando assim uma forma objetiva de como analisar se há indícios da mudança de perfil conceitual dos alunos acerca dos temas da Teoria da Relatividade devido às disciplinas do curso.

Vale ressaltar que na equação de cálculo do percentual de acerto está sendo dividido por  $2N$  pois o percentual de acerto máximo, que seria igual à 1, seria se todos os alunos obtivessem nota 2 em todas as questões.

Como cada questão (da 05 a 09) busca analisar conceitos diferentes, cada uma terá um percentual de acerto associado. Para analisar cada uma das perguntas, foram determinadas regras de recorte e unidades de contexto / registro distintas.



### 6.3.1. Questão 05

A questão 05 tem como objetivo analisar se os alunos têm claro o conceito de referencial inercial e não inercial. A resposta foi considerada com nota integral (nota 2) caso na resposta o aluno fez menção ao fato da pessoa ser um referencial inercial com relação ao fio com a bolinha, a aplicação de uma força externa, aceleração externa, início ou fim de um movimento. Nota parcial (nota 1) foi contemplado às respostas que falaram apenas da frenagem ou que o ônibus estava fazendo uma curva. Nota nula (nota 0) para quem não respondeu ou se disse que o ônibus estava em movimento (sem falar em variação de velocidade).

### 6.3.2. Questão 06

A questão 06 tem como objetivo analisar se os alunos têm claro a constância da velocidade da luz no vácuo em relação ao movimento do observador. Esta era composta de duas letras, (a) e (b). Foi dada nota integral (nota 2) para alunos que citaram a constância da velocidade da luz independente do referencial. Nota parcial (nota 1) para quem respondeu apenas uma letra corretamente ou respondeu as duas sem justificativa ou com justificativas incompletas. Nota nula (nota 0) para quem não respondeu ou quem respondeu que a velocidade da luz varia em qualquer uma das letras.

### 6.3.3. Questão 07

A questão 07 tem como objetivo analisar se os alunos têm claro o conceito da contração do espaço. Também é composta de duas letras, a e b. Foi dada nota integral (nota 2) para alunos que falaram que o astronauta utilizaria a régua sem problemas por estarem no mesmo referencial inercial na letra a da contração do espaço ou variação no tamanho da régua na letra b. Nota parcial (nota 1) para quem respondeu apenas uma letra, respondeu certo sem justificativa ou com justificativas incompletas. Nota nula (nota 0) para quem não respondeu, ou respondeu que a régua não funcionaria na letra a, que o cientista na Terra não observaria mudanças na régua na letra b, que o tamanho do objeto não foi alterado na letra b ou que respondeu que a régua iria aumentar de tamanho para o cientista na Terra.

#### 6.3.4. Questão 08

A questão 08 tem como objetivo analisar se os alunos têm claro o conceito da dilatação do tempo. Foi dada nota integral (nota 2) para alunos que falaram que a causa da observação no acelerador de partícula é mais longa devido à dilatação do tempo, ou que responderam que o tempo próprio da partícula é menor que o observado no acelerador devido à sua velocidade próxima da luz. Nota parcial (nota 1) para quem comentou que a partícula era observada por mais tempo devido à sua velocidade, mas sem citar explicitamente a dilatação do tempo. Nota nula (nota 0) para quem não respondeu, não levou em consideração a velocidade para a dilatação do tempo e para quem citou contração do tempo ao invés de dilatação.

#### 6.3.5. Questão 09

A questão 09 tem como objetivo analisar se os alunos têm claro o conceito do princípio da equivalência. Foi dada nota integral (nota 2) para alunos que comentaram que a nave estava em um movimento acelerado, ou que comentaram que ela poderia ou estar sob ação de um campo gravitacional parecido com o da Terra e/ou acelerando para cima livre de quaisquer outras forças (fora a força do motor). Nota parcial (nota 1) para quem falou que a nave estava apenas acelerando para cima. Nota nula (nota 0) para quem não respondeu, apenas dizer que ela estava sob a ação de um campo gravitacional parecido com o da Terra.

## 7. RESULTADOS

Foram distribuídos noventa e nove questionários para alunos de todos os períodos e egressos do curso de Licenciatura em Física da UTFPR. A quantidade de alunos por período pode ser encontrada na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Alunos participantes da pesquisa separados por períodos - 2017

<b>Período</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>Egressos</b>
<b>Número de Alunos</b>	36	5	14	13	11	6	5	4	5

Fonte: O autor.

É interessante ressaltar que foi aplicado o questionário à poucos estudantes do segundo período pois, como especificado no item 6.3, os alunos foram separados em quatro grupos: os que não cursaram nenhuma das disciplinas específicas, os que cursaram uma, duas e todas. Portanto, como já havia uma grande quantidade de alunos do primeiro período participando da pesquisa (que não haviam cursado nenhuma das disciplinas), foi feita a escolha por não inflar mais o número de respostas do primeiro grupo.

Após esta primeira separação, pode-se organizar os participantes de maneira mais efetiva para o escopo da pesquisa conforme mostrado na tabela 2 abaixo.

*Tabela 2: Alunos participantes da pesquisa separados pelo número de disciplinas específicas cursadas - 2017*

	<b>Número de Alunos</b>
<b>Não cursaram nenhuma disciplina</b>	63
<b>Cursaram uma disciplina</b>	19
<b>Cursaram duas disciplinas</b>	7
<b>Cursaram três disciplinas</b>	10

Fonte: O autor.

O baixo número de alunos do curso é um fator que pode deixar a análise de dados menos confiável, uma vez que o espaço amostral de alunos que já cursaram as disciplinas é muito menor do que os de alunos que ainda não cursaram, o que pode causar distorções nos dados.

Nota-se que a participação de mais alunos no primeiro grupo seria redundante, uma vez que esta classe já contém muito mais elementos que as demais.

Devido à natureza do período do curso onde as disciplinas estão localizadas nas matrizes 596 e 701 - Filosofia e História da Física Moderna no quinto período; Fundamentos da Teoria da Relatividade e da Física Quântica no sétimo período; e Projetos de Ensino em Física Moderna no oitavo Período - os participantes da pesquisa cursaram apenas uma disciplina cursaram somente a primeira, os que cursaram duas, cursaram a primeira e a segunda e os que cursaram três cursaram

todas. Nenhum aluno da matriz 826 ainda teve tempo de cursar nenhuma das disciplinas acima citadas (o primeiro semestre de 2017 é somente o segundo período que alunos desta nova grade estão no curso).

Como cada questão busca analisar um conceito específico da Teoria da Relatividade, foi calculado um percentual de acerto para cada questão segundo os critérios especificados anteriormente (ver seções 6.3.1 a 6.3.4) e os resultados podem ser encontrados na tabela 3.

Tabela 3: Percentual de Acerto de cada questão por grupo de alunos - 2017

	<b>Não cursaram</b>	<b>Cursaram uma</b>	<b>Cursaram duas</b>	<b>Cursaram três</b>
<b>Questão 05</b>	67,46%	65,79%	78,57%	90,00%
<b>Questão 06</b>	38,10%	47,47%	35,71%	85,00%
<b>Questão 07</b>	19,84%	26,32%	71,43%	70,00%
<b>Questão 08</b>	20,63%	34,21%	35,71%	70,00%
<b>Questão 09</b>	17,46%	21,05%	7,14%	50,00%

Fonte: O autor.

Para interpretar os resultados, este capítulo será subdividido em uma seção por questão. Ao final será feita uma interpretação para dizer se há ou não indícios de mudança de perfil conceitual ao longo do curso acerca dos conceitos da Teoria da Relatividade.

Para facilitar a análise, será chamado de “disciplina 01” o curso de Filosofia e História da Física Moderna; “disciplina 02” o curso de Fundamentos da Teoria da Relatividade e da Física Quântica; e “disciplina 03” o curso de Projetos de Ensino em Física Moderna.

### 7.1. Questão 05

O objetivo desta questão em específico era analisar se o participante da pesquisa tinha clareza no conceito de referencial inercial, isto é, sabe avaliar se um referencial é ou não inercial referente à um outro. É importante ressaltar que este assunto está presente nas disciplinas mais elementares do curso (Fundamentos da Física e Mecânica 1 para as matrizes 596 e 701 e Física Elementar 1 para a matriz

826), e também está presente no ensino médio quando se é estudado mecânica. Portanto, era esperado que, apesar de ser um dos fundamentos da teoria da relatividade, mesmo os alunos do primeiro grupo analisado (que ainda não passaram pelas disciplinas específicas de relatividade no curso) conseguissem responder esta questão de maneira adequada. Isto foi observado pois o percentual de acerto foi alto – 67,46%.

No entanto, é notável que o percentual de quem fez apenas uma das disciplinas específicas é praticamente o mesmo quando comparado com os que não cursaram (65,79%), mas é observado uma boa melhora a partir do momento que os estudantes passam pela disciplina 02 (78,57%) e pela disciplina 03 (90,00%). Uma possível explicação para este fato é que na disciplina 01 o conceito de referencial inercial não é tão analisado, uma vez que o desenvolvimento matemático não está dentro do escopo da disciplina. Uma vez que é cursada a disciplina 02, o conceito de referencial inercial se torna um dos fundamentos para a resolução de problemas na área, o que indica que esta disciplina principalmente está sendo efetiva na mudança de perfil conceitual acerca do conceito de referencial inercial.

Vale ressaltar que dentro do grupo dos alunos que cursaram as três disciplinas estão os egressos. Isto significa que, ao sair da universidade este conceito não é somente fixado, mas também aprimorado, dado o aumento do percentual de acerto.

## 7.2. Questão 06

Esta questão tem como objetivo analisar um outro conceito fundamental para a teoria da relatividade: a invariância da velocidade da luz no vácuo, isto é, a velocidade da luz independe da velocidade do observador ou da fonte.

Da mesma forma que foi analisado na seção 7.1, pode-se justificar as porcentagens de acerto dos alunos que cursaram nenhuma (38,10%), uma (47,37%), duas (35,71%) e três (85%) disciplinas pode ser parcialmente justificado por causa da natureza das disciplinas. A disciplina 01 tem foco no desenvolvimento da Física Moderna como área da ciência, sendo a invariância da velocidade da luz um dos pilares do desenvolvimento da Teoria da Relatividade, portanto, é esperado que haja uma melhora no entendimento deste conceito. Já na disciplina 02, apesar

de importante, a invariância da velocidade da luz acaba sendo um apêndice das resoluções de problemas (mesmo a pessoa não tendo este conceito claro, consegue-se resolver problemas). Porém, é preocupante o fato de que um conceito tão fundamental não esteja bem compreendido por mais da metade dos alunos que passam pelas disciplinas 01 e 02, bem como o fato de haver essa queda no percentual de acerto entre as duas disciplinas – o aluno “aprende” para uma disciplina e não mantém este conhecimento para a sequência do curso.

Já os alunos do quarto grupo, que cursaram todas as disciplinas, tiveram um percentual de acerto muito bom (85%). A forma como a disciplina 03 é ministrada pode contribuir para este fato uma vez que, pelo fato dos alunos ficarem livres para utilizar os equipamentos do laboratório de Física Moderna, provavelmente eles tenham que ir em busca dessas informações para que o experimento funcione. Além disso, como este grupo detém os alunos dos períodos finais e egressos, talvez o que esteja fazendo com que este conceito esteja sendo melhor compreendido seja a vivência em sala de aula (para quem ministra aulas) e um maior contato com assuntos de Física Moderna por outras fontes diferentes da Universidade.

### 7.3. Questão 07

A questão 07 trata da contração do espaço, que é um ponto que pode ser considerado consequência (não fundamento) dos postulados da Teoria da Relatividade Restrita. No entanto, este é um assunto presente nos livros do ensino médio e, por este motivo, foi feita uma pergunta no questionário.

Este resultado apresenta um comportamento diferente ao das outras duas questões analisadas até agora. O primeiro grupo obteve uma taxa de acerto de 19,84%, o segundo 26,31%, o terceiro 71,43% e o quarto 70,00%.

Nota-se que houve um aumento modesto após os alunos cursarem a disciplina 01, mas ao cursar esta disciplina 02, o percentual de aumento sobe acima de 70% - um aumento significativo. Isto provavelmente se deve ao fato de que os cálculos envolvendo contração do espaço são feitos principalmente durante a disciplina 02, fazendo com que os alunos apresentem mais indícios de que houve uma mudança de perfil conceitual acerca deste tema.

Do terceiro grupo para o quarto não houve uma diminuição irrisória, que para todas as razões práticas (e ressaltando a questão da baixa frequência estatística desta classe) o percentual de acerto foi o mesmo. Isto indica que este tema em específico não deva ser muito tratado na disciplina, mas que os alunos fixam este conhecimento mesmo após passar pela disciplina.

#### 7.4. Questão 08

Esta questão, assim como a questão 07, trata de uma consequência dos postulados da teoria da relatividade: a dilatação do tempo.

Seria esperado que o percentual de acerto fosse semelhante ao resultado do item 7.3, no entanto, não foi exatamente isso que foi observado. Para o primeiro grupo o percentual de acerto foi de 20,63%, para o segundo 34,21%, para o terceiro 35,71% e para o quarto 70,00%.

O comportamento deste indicador para a evolução percentual do primeiro para o segundo grupo não necessita análises mais profundas do que as feitas no item anterior. No entanto, é intrigante o fato de que, diferentemente do observado na questão 07, não houve o mesmo salto do percentual de acerto do grupo dos alunos que cursaram uma disciplina para os que cursaram duas. A ementa da disciplina não é suficiente para tentar explicar a razão desta não evolução no índice. Um motivo que pode ter sido decisivo para confundir alguns alunos foi a própria pergunta do questionário. Enquanto a questão 07 a questão estava muito clara que o que se buscava era a contração do espaço, a questão 08 era passível de outras interpretações. Algumas respostas do questionário colocaram que, pelo fato da partícula estar em um acelerador de partículas, ela estava acelerada e, por isso, o tempo para a partícula era menor do que o tempo medido pelos cientistas. Talvez uma reformulação da pergunta dizendo pudesse resolver este problema.

No entanto, o quarto grupo teve o mesmo percentual de acerto da questão 07, o que indica que mesmo com essa falta de melhora do segundo grupo para o terceiro, há indícios de que um bom percentual dos alunos está saindo da universidade com este conceito claro.

### 7.5. Questão 09

A questão 09 é a única que trata de um conceito fundamental da Relatividade Geral: O Princípio da Equivalência.

Esta questão foi a que apresentou o menor percentual de acerto para todos os grupos (em comparação com as outras questões). O primeiro grupo obteve um percentual de 17,46%, o segundo de 21,05%, o terceiro de 7,14% e o quarto de 50,00%. Este assunto, apesar de importante, acaba sendo pouco tratado nas disciplinas específicas do curso e era esperado que os alunos tivessem uma maior dificuldade para responder à esta questão.

Os três primeiros grupos acabam caindo em um percentual de acerto de pessoas que tiveram interesse próprio e estudaram por conta estes assuntos. Mesmo a queda para 7,14% no terceiro grupo não é alarmante pois isto pode ser explicado pelo pequeno espaço amostral. Um percentual de acerto abaixo da porcentagem de acerto do primeiro grupo (que não teve contato com estes conteúdos na universidade) mostra que não foi possível observar indícios de mudança de perfil conceitual sobre o princípio da equivalência após o aluno passar pelas disciplinas 01 e 02.

Porém, houve um aumento significativo do terceiro grupo para o quarto. Não há como dizer com certeza, uma possível explicação para este fato é a vivência maior dos alunos. Como alguns deste grupo já estão formados, trabalhando e no final do curso, estão mais em contato com assuntos de Física em geral (como palestras, seminários, perguntas feitas por alunos de ensino médio, dentre outras fontes). Mesmo assim, ao final do curso um percentual maior de alunos sai com este conceito mais claro, o que é outro indício de que está havendo uma mudança de perfil conceitual ao longo do curso sobre este tema.

### 7.6. Análise Conjunta dos Resultados

Até este momento foram analisadas individualmente as respostas para cada uma das perguntas do questionário. Este resultado está ilustrado no gráfico a seguir:



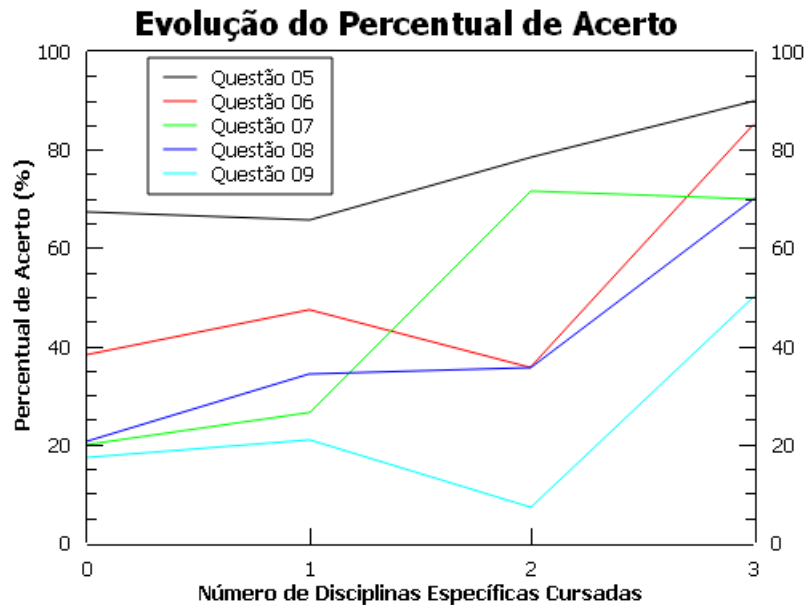


Gráfico 1 – Evolução do percentual de acerto das questões 05 à 09 do questionário.

Fonte: O autor.

O gráfico 1 mostra que, dadas as devidas situações específicas de cada questão, em algum momento do curso houve um aumento do percentual de acerto para todas as questões, corroborando a hipótese de que há indícios de mudança de perfil conceitual dos alunos do curso acerca da teoria da relatividade ao passarem pelas disciplinas específicas correlacionadas aos assuntos.

Apesar de ser observado um aumento, ainda assim uma proposta para melhorar esses percentuais de acerto seria expor o aluno aos conceitos da Teoria da Relatividade mais cedo no curso – na matriz 826 só se tem contato com Física Moderna (e dentro desta a relatividade) no último ano de curso. Adicionar temas conceituais sem uma complexidade matemática alta nos cursos de Física Elementar talvez fosse uma opção. Desta forma, além de já familiarizar o aluno com estes conceitos, ainda incentiva os que já são interessados por conta própria a continuar no curso.

## 8.CONCLUSÃO

Conforme analisado na seção 7, a presente pesquisa foi capaz de detectar indícios de mudança de perfil conceitual dos alunos ao longo do curso. No entanto, talvez esta resposta pudesse ser melhor estudada mantendo um acompanhamento

contínuo desses alunos conforme estes vão cursando as disciplinas, o que seria um objeto para um trabalho futuro.

De acordo com os objetivos desta pesquisa, primeiramente foi desenvolvido um instrumento de avaliação para detectar se há ou não indícios de mudança de perfil conceitual dos alunos do curso, bem como uma ferramenta de como analisar estes dados (percentual de acerto). Também foi detectada a presença de concepções alternativas nas respostas de alguns alunos antes de passarem pelas disciplinas específicas. Concepções estas que foram notadas com menor frequência nas respostas dos alunos à medida que avançam no curso.

Estudos futuros se fazem necessários para desenvolver propostas para que haja uma melhor eficiência no aprendizado dos alunos do curso, melhorando o percentual de acerto para quem passa pelas disciplinas do curso.

## 9. REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Almedina Brasil, 2011.

280 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático PNLD 2015**. Brasília: Ministério da Educação, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio +**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. SERÃO AS REGRAS DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA APLICÁVEIS AOS CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA? **Investigações em Ensino de Ciências**, São Paulo, v. 10, n. 3, p.387-404, 2005.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, São Leopoldo, Rs, v. 1, n. 22, p.89-100, abr. 2003.

EL-HANI, CharbelNiño; BIZZO, Nelio Marco Vincenzo. Formas de Construtivismo: Teoria da mudança conceitual e construtivismo conceitual. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2, 1999, Brasil, Valinhos. Brasil, Valinhos, 1999.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. Editora Atlas SA, 2010.

KANTOR, Carlos Aparecido et al. **Quanta Física**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2013. 344 p. Obra Coletiva.

MOREIRA, Marco Antonio. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011. 243 p.

MORTIMER, Eduardo Fleury. CONSTRUTIVISMO, MUDANÇA CONCEITUAL E ENSINO DE CIÊNCIAS: PARA ONDE VAMOS? **Investigações em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.20-39, 1996

POTENZA, Bruna Graziela Garcia. **Formação Inicial de Professores e a Física**

**Moderna: articulações para um desempenho autônomo.** 2011. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

RODRIGUES, Carla Moraes. **A Inserção da Física Moderna no Ensino Médio Aliada à Tecnologia do Sistema de Posicionamento Global (GPS).** 2011. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, São Paulo, v. 16, n. 1, p.59-77, jan. 2011.

THORNTON, Stephen T.; REX, Andrew. **Modern Physics for Scientists and Engineers.** 4. ed. Charlottesville: Cengage Learning, 2013. 612 p.

TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física Ciência e Tecnologia.** 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010. 360 p.

VIEIRA, Sonia. **Como Elaborar Questionários.** São Paulo: Atlas, 2009, 159 p.

### APÊNDICE A–Questionário

01) Você cursou o seu ensino médio em escola pública ou particular?

02) Qual o seu período no sistema da faculdade?

03) Você já teve contato com algum assunto relacionado à Física Moderna antes de entrar na faculdade?

a) Se sim, através de qual meio (ensino médio, vídeos na internet, livros ou artigo relacionados ao assunto)? Quais foram suas impressões sobre estes assuntos?

04) Você já cursou as disciplinas de Filosofia e História da Física Moderna, Fundamentos da Teoria da Relatividade e da Física Quântica e Projetos de Ensino em Física Moderna? De que forma estas disciplinas contribuíram para a sua formação?

05) Dentro de um ônibus bi-articulado com janelas opacas (que não se pode ver o lado de fora) há uma pessoa e um fio com uma pedra na ponta pendurado no teto. O fio está na vertical com relação ao chão do ônibus. Passado algum tempo, a pessoa observa que o fio formou um certo ângulo com a vertical. O que aconteceu para que o fio mudasse de posição?

06) Uma pessoa liga uma lanterna em uma nave espacial se movendo com uma velocidade  $v = 0,7c$ , isto é, 70% da velocidade da luz  $c$  relativamente à Terra.

a) Qual a velocidade deste feixe medida por um observador dentro da nave espacial? Explique.

b) Qual a velocidade deste feixe medida por um observador na Terra? Explique.

07) Uma régua é fabricada na Terra e colocada em uma nave espacial que se move com velocidade próxima da luz.

a) A régua funcionaria adequadamente para o astronauta dentro da nave? Por quê?

b) Um cientista na Terra, ao olhar em um telescópio, notaria alguma diferença na régua com relação ao observado pelo astronauta? Se sim, qual(is)? Justifique.

08) Uma partícula elementar tem um tempo de existência igual à  $2,2\mu s$ . Ao observar esta mesma partícula agora com velocidade muito alta em um acelerador de partículas, cientistas cronometraram  $26,2\mu s$  de tempo de vida. O que aconteceu para que a partícula existisse por tanto tempo?

09) Uma pessoa está em uma nave sem janelas. Ela realiza um experimento e determina que ao soltar uma bola ela cai com uma aceleração  $a = 9,8m/s^2$ . O que esta pessoa pode dizer sobre o movimento da nave baseando-se exclusivamente nesse experimento?

## ANEXO A – Matriz Curricular 596

1º Período	
Código	Disciplina
FI61C	Fundamentos da Física
MA61A	Cálculo Diferencial e Integral 1
FI61E	Fundamentos da Física Experimental
FIG1G	Filosofia e História da Física Clássica
CE62A	Comunicação Oral e Escrita
ED60H	Fundamentos Sociológicos da Educação
ED60A	História da Educação

2º Período	
Código	Disciplina
FI62C	Mecânica 1
MA61B	Matemática 1
ED60D	Didática
FI62G	Metodologia do Ensino de Física 1
ED60I	Teorias da Aprendizagem
ED60C	Psicologia da Educação

3º Período	
Código	Disciplina
FI63C	Mecânica 2
MA62A	Cálculo Diferencial e Integral 2
ED60J	Metodologia da Pesquisa em Educação
ED60B	Educação e Tecnologia
FI63G	Metodologia do Ensino de Física 2
FI63F	Projetos de Ensino em Mecânica 1
FI63H	Pesquisa em Ensino de Física

4º Período	
Código	Disciplina
FI64D	Oscilações, Ondas e Acústica
MA63A	Cálculo Diferencial e Integral 3
QB64A	Química
MA63B	Matemática 2
FI64F	Projetos de Ensino em Mecânica 2

5º Período	
Código	Disciplina
FI65C	Fluídos e Termodinâmica
MA64A	Cálculo Diferencial e Integral 4
FI65E	Tópicos de Informática para o ensino de Física
FI65G	Filosofia e História da Física Moderna
ED60E	Políticas Educacionais e Gestão Escolar
FI65F	Projetos de Ensino em Oscilações, Ondas e Acústica
FI65K	Estágio Supervisionado 1
ED60F	Libras 1

6º Período	
Código	Disciplina
FI66C	Eletricidade e Magnetismo
FI66D	Física Estatística
FI66E	Produção e Uso de Computação Educativa
FI66F	Projetos de Ensino em Fluídos e Termodinâmica
FI66K	Estágio Supervisionado 2
ED60G	Libras 2

7º Período	
Código	Disciplina
FI67C	Ótica
FI67D	Teoria Eletromagnética
FI67E	Fundamentos da Teoria da Relatividade e da Física Quântica
FI67G	Políticas Científicas e Tecnológicas
FI67F	Projetos de Ensino em Eletricidade e Magnetismo
FI67J	Trabalho de Conclusão de Curso 1
FI67K	Estágio Supervisionado 3

8º Período	
Código	Disciplina
FI68C	Mecânica Quântica
FI68G	Física e Tecnologia
FI68E	Projetos de Ensino em Física Moderna
FI68F	Projetos de Ensino em Ótica
FI68J	Trabalho de Conclusão de Curso 2
FI68K	Estágio Supervisionado 4

**ANEXO B – Matriz Curricular 701**

1º Período	
Código	Disciplina
FI71B	Fundamentos da Física
MA71A	Cálculo Diferencial e Integral 1
MA71B	Geometria Analítica e Álgebra Linear
FI71E	Fundamentos da Física Experimental
FI71F	Filosofia e História da Física Clássica
CE70B	Comunicação Oral e Escrita

2º Período	
Código	Disciplina
FI72B	Mecânica 1
MA72A	Cálculo Diferencial e Integral 2
MA70G	Equações Diferenciais Ordinárias
ED70A	História da Educação
ED70C	Psicologia da Educação
ED70E	Didática

3º Período	
Código	Disciplina
FI73B	Mecânica 2
MA73A	Cálculo Diferencial e Integral 3
FI73E	Projetos de Ensino em Mecânica 1
FI73F	Metodologia do Ensino de Física
ED70I	Metodologia da Pesquisa em Educação
ED70B	Educação e Tecnologia

4º Período	
Código	Disciplina
FI74B	Oscilações, Ondas e Acústica
MA74B	Cálculo 4ª
QB70C	Química
FI74E	Projetos de Ensino em Mecânica 2
FI74F	Pesquisa em Ensino de Física
ED70K	Fundamentos Sociológicos da Educação



5º Período	
Código	Disciplina
FI75B	Flúidos e Termodinâmica
FI75D	Tópicos de Informática para o Ensino de Física
FI75E	Projetos de Ensino em Oscilações, Ondas e Acústica
FI75F	Filosofia e História da Física Moderna
ED70M	Políticas Educacionais e Gestão Escolar
ED70G	Libras 1
FI75H	Estágio Curricular Obrigatório 1

6º Período	
Código	Disciplina
FI76B	Eletricidade e Magnetismo
FI76C	Física Estatística
FI76D	Produção e Uso de Computação Educativa
FI76E	Projetos de Ensino em Flúidos e Termodinâmica
ED70H	Libras 2
FI76H	Estágio Curricular Obrigatório 2

7º Período	
Código	Disciplina
FI77B	Ótica
FI77C	Teoria Eletromagnética
FI77D	Fundamentos da Teoria da Relatividade e da Física Quântica
FI77F	Política Científica e Tecnológica
FI77E	Projetos de Ensino em Eletricidade e Magnetismo
FI77G	Trabalho de Conclusão de Curso 1
FI77H	Estágio Curricular Obrigatório 3

8º Período	
Código	Disciplina
FI78B	Mecânica Quântica
FI78D	Projetos de Ensino em Física Moderna
FI78E	Projetos de Ensino em Ótica
FI78F	Física e Tecnologia
FI78G	Trabalho de Conclusão de Curso 2
FI78H	Estágio Curricular Obrigatório 4

**ANEXO C – Matriz Curricular 826**

1º Período	
Código	Disciplina
FI71G	Física Elementar 1
FI71J	Matemática Elementar para Física
ED70K	Fundamentos Sociológicos da Educação
FI71L	Filosofia e História da Física Clássica
CE70B	Comunicação Oral e Escrita
ED70P	História da Profissão Docente

2º Período	
Código	Disciplina
*	Física Elementar 2
MA71A	Cálculo Diferencial e Integral 1
MA71B	Geometria Analítica e Álgebra Linear
*	Tópicos de Informática para o Ensino de Física
*	Psicologia da Educação
*	Didática 1

3º Período	
Código	Disciplina
*	Mecânica Clássica
*	Fundamentos da Física Experimental
MA72A	Cálculo Diferencial e Integral 2
*	Computação para o Ensino de Física
FI73F	Metodologia do Ensino de Física
*	Didática 2
*	Educação Inclusiva e Diversidade

4º Período	
Código	Disciplina
*	Oscilações, Ondas e Acústica
*	Mecânica Clássica Experimental
MA73A	Cálculo Diferencial e Integral 3
*	Física Matemática 1
*	Projetos de Ensino em Mecânica Clássica
*	Políticas Educacionais e Gestão Escolar
*	Pesquisa em Educação

\*Essa disciplina não possui código.

5º Período	
Código	Disciplina
*	Fluídidos e Termodinâmica
*	Eletricidade e Magnetismo
*	Oscilações, Ondas e Acústica Experimental
*	Física Matemática 2
FI75E	Projetos de Ensino em Oscilações, Ondas e Acústica
FI74F	Pesquisa em Ensino de Física
*	Libras A
*	Estágio Curricular Obrigatório 1

6º Período	
Código	Disciplina
*	Ótica
*	Fluidos e Termodinâmica Experimental
*	Eletricidade e Magnetismo Experimental
*	Física Estatística
*	Mecânica Analítica
FI76E	Projetos de Ensino em Fluídidos e Termodinâmica
*	Libras B
*	Estágio Curricular Obrigatório 2

7º Período	
Código	Disciplina
*	Fundamentos da Teoria da Relatividade e da Física Quântica
*	Laboratório de Física Moderna
*	Ótica Experimental
*	Teoria Eletromagnética
FI77E	Projetos de Ensino em Eletricidade e Magnetismo
FI77G	Trabalho de Conclusão de Curso 1
FI77H	Estágio Curricular Obrigatório 3

\*Essa disciplina não possui código.

8º Período	
Código	Disciplina
FI78B	Mecânica Quântica
*	Filosofia e História da Física Moderna
FI78D	Projetos de Ensino em Física Moderna
FI78E	Projetos de Ensino em Ótica
FI78F	Física e Tecnologia
*	Trabalho de Conclusão de Curso 2
*	Estágio Curricular Obrigatório 4

\*Essa disciplina não possui código.