Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Danylo Semim Garcia

O CONCEITO DE ESPAÇO EM FÍSICA MODERNA: UM ESTUDO A PARTIR DE OBJETOS DA COSMOLOGIA.

Campo Grande - MS
2015

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Danylo Semim Garcia

O CONCEITO DE ESPAÇO EM FÍSICA MODERNA: UM ESTUDO A PARTIR DE OBJETOS DA COSMOLOGIA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências – Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito final para a conclusão do curso de Mestrado em Ensino de Ciências, sob orientação do Prof. Dr. Hamilton Perez Soares Corrêa.

Campo Grande - MS
2015

O CONCEITO DE ESPAÇO EM FÍSICA MODERNA: UM ESTUDO A PARTIR DE OBJETOS DA COSMOLOGIA.

Danylo Semim Garcia

Dissertação submetida à banca de defesa do curso de mestrado em Ensino de Ciências, constituída dos seguintes membros:

Prof. Dr. Hamilton Perez Soares Corrêa
Presidente da banca/Orientador
UFMS

Prof.ª Dr.ª Lenice Heloísa de Arruda Silva
Membro Interno
UFGD

Prof. Dr. Rodolfo Langhi
Membro Externo
UNESP

Prof.ª Dr.ª Maria Inês de Affonseca Jardim
Suplente da banca
UFMS

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Coordenadoria de Pós-Graduação (CPG/PROPP)

Ata de Defesa de Dissertação
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado

Aos quatro dias do mês de dezembro do ano de dois mil e quinze, às catorze horas, na Casa da Ciência, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Hamilton Perez Soares Correa (UFMS), Rodolfo Langhi (UNESP/ Bauru) e Lenice Heloisa de Arruda Silva (UFGD), sob a presidência do primeiro, para julgar o trabalho do aluno: **DANYLO SEMIM GARCIA**, CPF 21443279803, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Curso de Mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título **"O Conceito de Espaço em Física Moderna: Um Estudo a partir de Objetos da Cosmologia"** e orientação de Hamilton Perez Soares Correa. O presidente da Banca Examinadora declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra ao aluno que expôs sua Dissertação. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, o presidente da Banca Examinadora fez suas considerações. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu Parecer expresso conforme segue:

EXAMINADOR	**ASSINATURA**	**AVALIAÇÃO**
Dr. Hamilton Perez Soares Correa	Hamilton Perez Soares	Aprovado
Dr. Rodolfo Langhi	Rodolfo Langhi	APROVADO
Dra. Lenice Heloisa de Arruda Silva		Aprovado
Dra. Maria Ines de Affonseca Jardim (Suplente)	Maria Ines de Affonseca Jardim	aprovado

RESULTADO FINAL:

[x] Aprovação [ ] Aprovação com revisão [ ] Reprovação

OBSERVAÇÕES:

Nada mais havendo a ser tratado, o Presidente declarou a sessão encerrada e agradeceu a todos pela presença.

Assinaturas:

Hamilton Perez Soares
Presidente da Banca Examinadora

Aluno

“O controle da natureza e o controle do comportamento estão mutuamente ligados, assim como a alteração provocada pelo homem sobre a natureza altera a própria natureza do homem.”

(Lev Semenovitch Vygotsky)

RESUMO

Muitas são as discussões de abordagem dos conteúdos de Física para seu ensino no nível médio. Neste trabalho, combinaremos tematicamente o estudo de Física Moderna e Contemporânea e Astronomia para a inserção de conceitos ligados ao espaço e sua deformação, a expansão do universo e a gravitação. Os trabalhos foram desenvolvidos, no contraturno, com os alunos da Escola Estadual Maria Constança Barros Machado. As atividades foram divididas em sete etapas, cada etapa com dois encontros, em um total de 14 encontros durante o período de dois meses. A abordagem realizada, em sala de aula, fundamenta-se na perspectiva da teoria histórico-cultural de Lev S. Vygotsky, e na utilização de modelos representacionais como instrumentos de ensino para a representação de fenômenos da Física. A pesquisa é do tipo qualitativa, provocando uma intervenção no ambiente, cujo objetivo é avaliar as contribuições da sequência de atividade junto aos estudantes pesquisados. Para isso, será utilizado a Análise de Conteúdo, fundamentada em Laurence Bardin, com a análise categorial dos discursos coletados através dos questionários entregues aos estudantes. Assim a pesquisa busca responder q*uais são as contribuições de uma sequência de atividades, tendo como tema mediador a Astronomia, que pode auxiliar na apropriação de conceitos de relatividade geral em Física, colaborando com a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o ensino médio*. Para responder a esta questão, foi elaborado um módulo de ensino que contempla atividades práticas, produção de material composto por textos, mapas didáticos, objetos astronômicos e roteiros para oficinas de ensino de Astronomia. A perspectiva final desta pesquisa se contempla na produção de recursos de ensino, como produtos educacionais, que possam ser utilizados em sala de aula e auxiliem no ensino de conceitos físicos e a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Palavras-chave: Astronomia. Física Moderna e Contemporânea. Ensino de Física.

ABSTRACT

There are many approach to discussions of Physical contents to his teaching at the secondary level. In this work, thematically combine the study of Astronomy and FMC for the integration of concepts related to space and its deformation, the expansion of the universe and gravitation. The project was developed in counter-period, with students of the State School Maria Constança Barros Machado. The activities were divided into seven stages, each stage with two meetings, a total of forteen encounters during the two months. The approach carried out in the classroom, is based on the perspective of cultural-historical theory of Lev S. Vygotsky, and the use of representational models as teaching aids for the representation of phenomena of physics. The research is qualitative type, causing an intervention in the environment, which aims to assess the contribution of the activity sequence along the surveyed students. For this, the content analysis will be used, based on Laurence Bardin, with the categorical analysis of the statements collected from questionnaires given to students. So the research seeks to answer what are the contributions of a sequence of activities, with the mediator subject to Astronomy, which can assist in the appropriation of general relativity concepts in physics, collaborating with the inclusion of topics of Modern and Contemporary Physics for High School. To answer this question, we designed a teaching module that includes hands-on activities, material production composed of texts, educational maps, astronomical objects and scripts for workshops to astronomy teaching. The final perspective of this research is contemplated in the production of teaching resources, such as educational products, which can be used in the classroom and assist in the teaching of physical concepts and the inclusion of Modern and Contemporary Physics in High School.

Keywords: Astronomy . Modern and Contemporary Physics . Physics of Science .

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição por categorias e ano de publicação dos artigos do levantamento literário.....20

Tabela 2 – Nível de interesse em temas preestabelecidos na sondagem inicial.....65

Tabela 3 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 1º etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.....70

Tabela 4 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, das questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 1ª etapa.....71

Tabela 5 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 1ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.....73

Tabela 6 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 2ª etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.....77

Tabela 7 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, nas questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 2ª etapa.....78

Tabela 8 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 2ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.....80

Tabela 9 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 3ª e 4ª etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.....83

Tabela 10 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, nas questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 3ª e 4ª etapa.....84

Tabela 11 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 3ªe4ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.....85

Tabela 12 – Tabulação realizada os dados dos dois grupos de alunos (grupo 1 / grupo 2) que realizaram a atividade do balão em expansão na etapa de nº 4.....86

Tabela 13 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 5ª e 6ª etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.....90

Tabela 14 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, nas questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 5ª e 6ª etapa.....91

Tabela 15 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 5ª e 6ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.....93

Tabela 16 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 5ª etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.....97

Tabela 17 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, nas questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 5ª etapa.....98

Tabela 18 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 5ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.....100

Tabela 19 – Apresentação do total de indicadores obtidos em cada relação psicológica de interesse nas temáticas de investigação.....103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorização dos artigos.....19

Quadro 2 – A Escola de Formação de Jovens Astrônomos de 2014 (PAEXT/2014 UFMS). 44

Quadro 3 – Etapas de desenvolvimento do módulo de ensino.....45

Quadro 4 – Elementos da etapa: “Escalas astronômicas: O quão grande é o universo”.…48

Quadro 5 – Elementos da etapa: “A massa do universo”.....49

Quadro 6 – Elementos da etapa: “O espaço de Hubble”.....50

Quadro 7 – Elementos da etapa: “Hubble e a expansão do Universo”.....52

Quadro 8 – Elementos da etapa: “Conhecendo um pouco da vida, da obra e das contribuições científicas de Einstein”.....53

Quadro 9 – Elementos da etapa: “Entendo a gravidade de Einstein”.....54

Quadro 10 – Elementos da etapa: “O Universo conhecido”.....55

Quadro 11 – Temáticas de investigação e etapas de desenvolvimento do módulo de ensino.....61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Painel (1,5 m x 6,0 m) da evolução do Universo utilizado no encontro e apresentada no livro Fascínio do Universo de Augusto Damineli e João Steiner. Ele ilustra as principais fases de evolução do universo. Na figura, foi colocado alguns eventos marcantes, ao longo da linha do tempo.....55

Figura 2 – Representação do método de análise de conteúdo (BARDIN, 1988, p. 102)....60

Figura 3 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 1. 74

Figura 4 – Modelo representacional da constelação do Cruzeiro do Sul, como atividade realizada na etapa de nº 1.....75

Figura 5 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 2. 81

Figura 6 – Atividade de construção de um diagrama HR realizada na etapa de nº 2.....82

Figura 7 – Atividade do balão em expansão realizada na etapa de nº 4.....86

Figura 8 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 3 e 4.....87

Figura 9 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 5 e 6.....95

Figura 10 – Atividades com os modelos representacionais realizada nas etapas de nº 5 e 6.....95

Figura 11 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 7. 101

Figura 12 – Painel utilizado para o estudo das fases de evolução do Universo na etapa de nº 7.....102

LISTA DE SIGLAS

AC	Análise de Conteúdo
AL	Anos-luz
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
EFJA	Escola de Formação de Jovens Astrônomos
EM	Ensino Médio
ENAST	Encontro Nacional de Astronomia
FC	Física Clássica
FMC	Física Moderna e Contemporânea
LY	Light year (Anos-luz)
MCBM	Maria Constança Barros Machado
OE	Objetos Educacionais
PAEXT	Programa de Apoio a Extensão
SED	Secretaria de Educação
SNEA	Simpósio Nacional de Educação em Astronomia
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....13

2 LEVANTAMENTO LITERÁRIO.....19

2.1 Aspectos de natureza histórica sobre a relatividade.....20

2.2 Ensino de relatividade no ensino superior.....24

2.3 Ensino de relatividade no ensino médio.....26

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....31

3.1 Implicações pedagógicas da pesquisa na perspectiva da teoria de desenvolvimento histórico-cultural de Vygotsky.....38

4 CAMINHOS METODOLÓGICOS.....42

4.1 Ambiente da pesquisa.....43

4.2 Escola de Formação de Jovens Astrônomos.....44

4.3 Etapas de desenvolvimento da aplicação.....45

4.3.1 Etapa de sondagem inicial de interesse.....46

4.3.2 Etapa nº 1 - Escalas astronômicas: Quão grande é o Universo.....47

4.3.2 Etapa nº 2 - A massa do Universo.....48

4.3.3 Etapa nº 3 - O espaço de Hubble.....49

4.3.4 Etapa nº 4 - Hubble e a expansão do Universo.....51

4.3.5 Etapa nº 5 - Conhecendo um pouco da vida e das contribuições científicas de Einstein.....52

4.3.6 Etapa nº 6 – Entendo a gravidade de Einstein.....53

4.3.7 Etapa nº 7 – O Universo conhecido.....54

4.4 Coleta de dados.....56

4.5 Técnica de análise de dados.....57

4.5.1 A pré-análise - 1º fase.....57

4.5.2 A exploração do material - 2º fase.....58

4.5.3 O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação - 3º fase.....59

5 ANÁLISE E DISCUSSÕES.....61

5.1 Sondagem inicial de interesse.....63

5.1.1 As características dos alunos.....63

5.1.2 O interesse de estudo e as concepções manifestadas pelos alunos.....65

5.2 Temática 1: O estudo das escalas astronômicas e de quão grande é o Universo.....70

5.3 Temática 2: O estudo da massa e raio solar com relação a massa do Universo.....77

5.4 Temática 3: O estudo do Universo de Hubble.....83

5.5 Temática 4: O estudo das contribuições científicas de Einstein para o entendimento do espaço.....90

5.5 Temática 5: O estudo do Universo conhecido.....97

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....105

6.1 Resultados em publicações.....109

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....111

ANEXO.....116

Anexo I – Transcrições das respostas dos questionários utilizados para coleta de dados na aplicação do módulo de ensino.....116

Anexo II – Publicação no III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – SNEA, Curitiba, 2014.....137

Anexo III – Publicação no XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, Uberlândia, 2015.....146

APÊNDICE.....155

Apêndice I – Lista de artigos categorizados no Levantamento Literário.....155

Apêndice II – Documentos protocolados no comitê de ética.....159

Apêndice III – Questionários utilizados para a coleta de dados na aplicação do módulo de ensino.....162

1 INTRODUÇÃO

Os conteúdos de Física trabalhados no ensino médio têm a sua base, em grande maioria, na Física Clássica (FC), mas para que o aluno possa compreender melhor os avanços científicos e tecnológicos é preciso que exista uma ampliação nos conceitos estudados, migrando da FC para uma Física mais atual, a Física Moderna e Contemporânea (FMC).

A inclusão de FMC no ensino médio é debatida há muito tempo em grupos, eventos e pesquisas de ensino de ciências e está ligada à necessidade de fornecer uma visão moderna e atual da Física, além do conhecimento necessário para explicar o desenvolvimento tecnológico em nossa sociedade e as novas descobertas científicas realizadas nos últimos anos. Ostermann e Moreira (2000), apresentam inúmeras razões para a inserção de tópicos de FMC no ensino médio que foram levantadas na III Conferência Interamericana sobre Educação em Física em Barojas, 1988. Na época, já se discutia a importância da inserção dos tópicos de FMC no ensino médio, destacando as seguintes justificativas/observações:

- ✓ Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- ✓ Os estudantes não têm contato com o mundo da pesquisa atual em Física, pois conhecem apenas a Física anterior a 1900. Esta situação é inaceitável em um século, no qual, ideias revolucionárias mudaram totalmente a ciência;
- ✓ É do maior interesse atrair jovens para a carreira científica, os quais poderão ser futuros pesquisadores e professores de Física;
- ✓ É mais significativo para o professor ensinar tópicos que são novos, pois o entusiasmo pelo ensino deriva de mudanças estimulantes no conteúdo do curso;
- ✓ Física Moderna e Contemporânea são considerada conceitualmente mais difícil e abstrata comparada à Física Clássica, e portanto os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la.

Terrazzan (1992) relata em seu trabalho apresentado na V Reunião Latino Americana de Educação em Física, a inclusão de tópicos relacionados ao

desenvolvimento mais recente da Física no programa de 2º grau. A grande concentração dos conteúdos, abordados em sala de aula, se originavam na Física desenvolvida aproximadamente entre 1600 e 1850. Eram comuns os programas de Física do 2º grau se reduzirem apenas à Cinemática, Leis de Newton, Termologia, Óptica Geométrica, Eletricidade e Circuitos Simples. Diante desta situação, o autor cita a prioridade em nos ocuparmos com conteúdos de FMC para o 2º grau e destaca que as teorias e pesquisas em Física sempre demoraram a ser trabalhadas no ensino dessa mesma disciplina.

> Vale lembrar que o mesmo ocorreu quando do estabelecimento do Princípio da Conservação da Energia, em meados do século passado. Só com décadas de atraso é que tal assunto começou a ser veiculado nas aulas regulares de física, bem como passou a ser tratado nos manuais de ensino (TERRAZZAN, 1992, p. 210).

Terrazzan levanta a preocupação em se atualizar os programas de ensino e inserir uma física mais atual: “Como fazer isso? Que critérios adotar para uma tal reformulação?”. As respostas a estas perguntas surgem, com o passar do tempo, nos projetos e pesquisas que abordam a inserção da FMC no currículo da escola de 2º grau.

Nesta perspectiva, Ostermann e Moreira (2001) identificaram dificuldades na inserção dos tópicos de FMC com alunos de escola pública, porém, argumentam que elas não podem se tornar obstáculos:

> [...] é viável ensinar FMC no EM, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...] (OSTERMANN; MOREIRA, 2001).

Loch e Garcia (2009), argumentam que existe um movimento crescente, desde o início deste século, que propõe a inserção de conteúdos de FMC como forma de atualização curricular. Seus argumentos corroboram com o trabalho de Ostermann e Ricci (2002), na descrição de que, em vários países, já foi superada a etapa de justificativas para a inserção de FMC no Ensino de Física e que no Brasil este movimento está se expandindo desde a Lei de Diretrizes e Bases da Educação

Nacional de 1996 (LDB). Este trabalho apresenta alguns argumentos que contribuem com o que foi descrito pelos autores, mas não procura introduzi-los como foco principal.

Canato Junior e Menezes (2009), explicam que houve um crescimento na quantidade de tópicos de FMC presentes nos Currículos de ensino médio. Grande parte dos livros didáticos e textos de física destinados à escola média abordam esses conceitos, mas o fazem de forma descontextualizada, apresentando em sua maioria como uma inserção no final da coleção.

Além das dificuldades em inserir novos tópicos de Física, os conceitos já presentes no ensino médio são apresentados de forma descontextualizada e desinteressante aos alunos, proporcionando um descolamento entre o que o professor se propõe a ensinar e o que o aluno efetivamente aprende, causando um processo desmotivador. Diversas pesquisas apontam o que tem sido feito para tornar o Ensino de Física motivador e interessante. Verifica-se desde a inserção de tópicos de FMC com o auxílio da interdisciplinaridade no ensino até o uso de atividades práticas, de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), de experimentação em Física, de kits e materiais didáticos e de recursos audiovisuais.

Este trabalho se desenvolve nesta perspectiva, com o auxílio e o uso da interdisciplinaridade, entre a Física e a Astronomia, como grande ferramenta para a inserção da FMC. Cabe aqui destacar que trabalhar Astronomia em sala de aula é uma ótima estratégia para o ensino de ciências.

Nardi e Langhi (2012), na descrição de uma ação modificadora proporcionada pela astronomia, justifica seu ensino no fato de esta ciência participar de nossas vidas no decorrer dos dias, na divisão do tempo, no calendário, em fenômenos rotineiros como o dia e a noite, as estações do ano e entre outros exemplos, até a energia do sol para a manutenção da vida no planeta. Dentre muitos motivos, a astronomia promove um papel motivador para os alunos e professores, desencadeia uma grande quantidade de perguntas sobre o universo a sua volta e ainda oferece aos alunos a oportunidade de ter uma visão global de como o conhecimento humano foi construído ao longo dos séculos.

Shipman (1990) *apud* Langhi (2009), descreve que a Astronomia é uma ciência basicamente visual, e por essa razão, precisa fazer uso de figuras, fotos, vídeos,

modelos representacionais e maquetes como recursos didáticos apropriados ao ensino de Astronomia.

Soler e Leite (2012), destacam que muitos trabalhos de pesquisa e ensino de Astronomia sugerem um potencial na ampliação da visão de mundo, remontam a história da humanidade para enaltecer o conhecimento de Astronomia e outros introduzem o potencial interdisciplinar de seus temas. Todos, aparentemente, imbuídos por um desejo de elevar ou de reconhecer a importância da Astronomia na educação.

Dias e Rita (2008), concluem que o estudo da Astronomia proporciona um grande espaço para interdisciplinaridade, principalmente com a Física, Química, Matemática, Geologia, Meteorologia e Biologia, além de poder ser utilizada como eixo norteador para o professor, já que se apresenta como um tema que atrai os estudantes.

A influência crescente dos conteúdos de FMC para o entendimento do mundo criado pelo homem atual - e o grau altamente motivador e “popularizável” da Astronomia no ensino (LANGHI; NARDI, 2009), - bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo definem, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos no ensino médio (TERRAZZAN, 1992).

As Diretrizes Nacionais Curriculares para a Educação Básica apresentam em seu texto uma perspectiva de ambiente escolar que fomenta a importância de metodologias que inovam o ensino. Deseja-se que o conhecimento se torne a matéria-prima de estudo escolar, o qual deve ser articulado com vários outros interesses de diferentes temáticas e formado pela interação daqueles que integram o ambiente escolar. Metodologias inovadoras devem oferecer aos estudantes a oportunidade de uma atuação ativa, para que o processo de aprender não se forme numa perspectiva tradicional e desinteressada, mas que inclua experimentações, atividades e situações diversas em espaços escolares e extraescolares (BRASIL, 2013, p. 181).

O uso de atividades práticas como recurso pode se tornar um estratégia interessante para o ensino de alguns conceitos. Izquierdo, Sanmartí e Espinet (1999), em um estudo desenvolvido sobre práticas escolares e a relação com teorias científicas, apresentam que a abordagem de atividades práticas na escola é essencial para que os estudantes aprendam a dar o significado indicado pelos cientistas aos fatos do mundo. Essa abordagem apresenta ao aluno a possibilidade da representação

abstrata do fenômeno e de intervir no mesmo, mas como resultado, os autores enfatizam que nem sempre se aprende fazendo, sendo necessário que o professor atue ativamente para introduzir conceitos científicos que contribuam com a finalidade da atividade em transformar os fatos do mundo em “fatos científicos”.

Andrade e Massabni (2011), definiram as atividades práticas como materiais físicos, que representavam o fenômeno e/ou informações obtidas do mundo natural. Para os autores, as atividades que proporcionam investigação e questionamento, por parte dos alunos, favorecem a construção do conceito e a aprendizagem. Com isso, seu objetivo foi verificar como os professores identificavam essas atividades e se as utilizavam. Apesar dos pesquisados reconhecerem o favorecimento do uso de atividades práticas, muitos não utilizavam alegando motivos que envolvem a falta de estrutura do ambiente escolar, bem como a gestão dos órgãos responsáveis.

Um outro aspecto importante a se ressaltar é o papel do professor como mediador, visto que sua função está alocada nas intervenções e mediações promovidas em sala de aula, originadas por argumentações discursivas e interações dos alunos com os materiais.

Esta pesquisa originou-se em função das discussões descritas acima, como também na necessidade de se abordar o conceito de espaço em FMC no EM, a partir do contexto da teoria da Relatividade Geral. A Astronomia compõe e complementa este cenário como tema mediador e utiliza-se de atividades práticas como recurso de ensino. Assim, esta pesquisa busca responder a seguinte questão de investigação:

“Quais são as contribuições de uma sequência de atividades, tendo como tema mediador a Astronomia, que pode auxiliar na apropriação de conceitos de relatividade geral em Física, colaborando com a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o ensino médio?”

A resposta a essa questão possibilitará uma reflexão quanto a relevância da sequência de atividades como material didático, produto da dissertação, para promover a compreensão do conceito de espaço em Física Moderna, auxiliando no seu entendimento e fornecendo suporte para o trabalho em sala de aula.

O objetivo geral desta pesquisa é o de elaborar e aplicar uma sequência didática de investigação que envolva o ensino de FMC, abordando o conceito de espaço a partir da Astronomia, como tema mediador, e analisar a sua aplicação em um grupo de

alunos do EM. Objetiva-se, de forma mais específica, estruturar um módulo de ensino, com tema em Astronomia, para abordar os conceitos de massa e de espaço em FMC; executar/desenvolver o módulo com um grupo de alunos voluntários do EM da rede pública de ensino; aplicar uma sequência de atividades durante este módulo; e por fim, realizar a análise do conteúdo presente no discurso dos alunos para verificar a apropriação dos conceitos físicos.

Durante a pesquisa, foi desenvolvido um levantamento de trabalhos, os quais envolvem a temática de relatividade no ensino de Física, em duas revistas importantes de ensino e divulgação no Brasil e que pode ser contemplado e analisado com mais rigor no capítulo de “Levantamento Literário”.

No capítulo de “Fundamentação Teórica” é apresentado os principais pressupostos, pertinentes a essa pesquisa, norteada pelos trabalhos de Vygotski (1991), Vygotsky (2000), Ivic (2010) e Silva (2013), da teoria histórico-cultural do desenvolvimento humano de Vygotsky, e um recorte com suas implicações pedagógicas nessa pesquisa.

As atividades desenvolvidas e os itens que as compõem, a descrição metodológica, as etapas de desenvolvimento, o ambiente da pesquisa, a coleta de dados e a técnica de análise de dados (BARDIN, 1988), estão descritos no capítulo de “Caminhos Metodológicos”.

Por fim, no capítulo de “Análise de dados” é apresentado a análise do conteúdo presente nos discursos dos alunos que participaram desta pesquisa, das interpretações acerca do material produzido e das atividades, acompanhado em seguida pelas “Considerações finais” desta pesquisa.

2 LEVANTAMENTO LITERÁRIO

O levantamento realizado referente aos trabalhos publicados sobre o Ensino da Relatividade no Ensino de Física, entre o período de 1985 à 2014, disponíveis nos portais on-line do Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e da Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), é apresentado neste capítulo.

Este levantamento surge na oportunidade de nos inserirmos na perspectiva das pesquisas que abordam conceitos de Relatividade no Ensino de Física. As fontes escolhidas para a realização deste levantamento se apresentam como referência de divulgação, ensino e pesquisa e são representativas da área de Ensino de Física e Ensino de Ciências no Brasil. As palavras chaves – relatividade, ensino de relatividade e espaço-tempo – foram escolhidas, pois definem os tópicos mais gerais de Física abordados durante esta pesquisa e são as mais usualmente presentes nos documentos que abordam relatividade em ambientes de pesquisa em Ensino de Ciências.

Assim, foram encontrados 13 artigos publicados no Caderno Brasileiro de Ensino de Física e 17 na Revista Brasileira de Ensino de Física. A lista completa dos títulos dos artigos encontram-se no apêndice I. Após a leitura, os artigos foram categorizados conforme o quadro 1.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Aspectos de natureza histórica sobre a relatividade (5 artigos) Ensino de relatividade no ensino médio (6 artigos) Ensino de relatividade no ensino superior (2 artigos)
Revista Brasileira de Ensino de Física	Aspectos de natureza histórica sobre a relatividade (7 artigos) Ensino de relatividade no ensino médio (3 artigos) Ensino de relatividade no ensino superior (7 artigos)

Quadro 1 – Categorização dos artigos.

A tabela 1 descreve a distribuição dos artigos levantados quanto ao ano de sua publicação.

Tabela 1 – Distribuição por categorias e ano de publicação dos artigos do levantamento literário.

TEMÁTICA	1985	1987	1992	1994	1996	1997	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	TOTAL
Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)																			
Aspectos de natureza hist. sobre a relativ.					1					1	1	1				1			**5**
Ensino de relatividade no ensino médio								1	1	1	1			1	1				**6**
Ensino de relatividade no ensino superior				1											1				**2**
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)																			
Aspectos de natureza hist. sobre a relativ.				1		1			2	1	1		1						**7**
Ensino de relatividade no ensino médio												2						1	**3**
Ensino de relatividade no ensino superior	2	1					1							1		1	1		**7**

As categorias utilizadas não são, obviamente, as únicas possíveis, mas foram agrupadas conforme os objetivos desta pesquisa. Os artigos que discutem o desenvolvimento de conceitos de Física construídos historicamente, bem como releituras de trabalhos publicados, estão na categoria de “Aspectos de natureza histórica sobre a relatividade”; aqueles que se referem a abordagens da teoria da relatividade com estudantes de nível médio, foram inseridos na categoria “Ensino de relatividade no ensino médio”; e os artigos que discutem também abordagens da teoria da relatividade, mas como subsídio para o ensino de física em nível superior, estão na categoria “Ensino de relatividade no ensino superior”.

2.1 Aspectos de natureza histórica sobre a relatividade

A noção de relatividade, de uma forma ou de outra, sempre desempenhou um papel de grande importância na interpretação correta dos fenômenos naturais. Neste contexto, Cindra (1994) enfatiza que a teoria da relatividade não concebe nenhum relativismo ontológico ou mesmo epistemológico. O trabalho apresenta um esboço de estabelecimento da física clássica com tempos modernos até chegar à Relatividade Geral de Einstein, o qual agrega importância ao princípio da relatividade para o entendimento das leis que governam o mundo físico e em uma etapa mais avançada de sua compreensão, mostra-se como uma teoria bem sucedida, estabelecendo uma interdependência entre espaço, tempo e matéria.

Villani e Arruda (1996), em seu trabalho sobre as origens da Relatividade Especial de Einstein, enfocam na influencia da natureza da radiação sobre a gênese da teoria. Os autores apresentam, ainda, algumas implicações para o ensino de Relatividade.

A partir das discussões realizadas pelos autores, a natureza corpuscular da radiação forneceu parte da base teórica necessária a Einstein para as modificações que o levaram à Teoria da Relatividade Especial e às mudanças nos conceitos de espaço e tempo proporcionando, entre outros contextos, uma revolução da teoria relativística. Quanto às implicações da teoria para o ensino, os autores acreditam que uma primeira contribuição específica da História da Relatividade à melhoria do ensino venha dos principais elementos que deram sustentação à Teoria da Relatividade em 1905.

Bassalo (1997), reproduz em seu trabalho a evolução dos conceitos relacionados ao movimento de um corpo em relação ao outro em movimento uniforme ou acelerado e o movimento relativo, sendo este último a base conceitual das Relatividades (Restrita e Geral). A partir desta perspectiva, o autor examina os trabalhos de Zenão de Eléia, Giordano Bruno, Galileu, Newton, Clairaut, Euler, Coriolis, Mach e Einstein.

Amoroso Costa, matemático, astrônomo e autor do livro, “Introdução a Teoria da Relatividade”, dedicou sua vida a divulgação de novas ideias científicas. Eisenstaedt e Fabris (2004), em seu artigo, fazem uma reanalise do livro de Amoroso Costa, reeditado em 1995. O autores utilizam como pano de fundo um período da história da Relatividade Geral (1905-1930) e ressaltam, durante todo o texto, as qualidades do livro de Amoroso Costa justificada pela influência de obras da época, por exemplo, “Report” e “ Space, Time and Gravitation”de Arthur S. Eddington e “Raum-Zeit-Materie” de Weyl.

Renn (2004), tradução de Silvio R. Dahmen, faz um resgate histórico acerca da conversa entre Einstein e Besso em maio de 1905, caracterizando-a como um momento decisivo da criação da teoria especial da relatividade. O estudo remete às fontes de conhecidos detalhes biográficos para analisar o cenário da criação da teoria da relatividade e a sua respectiva relação com os insigthts teóricos de Einstein. Esta análise é dividida em três principais etapas: fase da experimentação, que foi marcada pelos incessantes esforços de Einstein em corroborar, experimentalmente, o

movimento da Terra pelo éter; fase da teorização, a qual Einstein sentiu-se encorajado a pensar em uma eletrodinâmica sem o éter; e a fase da reflexão, decisiva para o nascimento da teoria da relatividade especial a partir da reinterpretação da teoria de Lorentz por Einstein. Segundo o autor, esta conversa entre Einstein e Besso pode tê-lo ajudado em suas reflexões cruciais pelas quais ele conseguiu unificar dois níveis do conhecimento, o teórico e o prático, de uma forma inovadora.

Medeiros e Medeiros (2005), em seu trabalho, analisam e discutem em um primeiro momento o relacionamento de Einstein com os brinquedos científicos, um resgatado da sua infância e outro já do final da sua vida, como forma de ilustração do Princípio da Equivalência da Relatividade Geral. A partir disso, o trabalho revela brinquedos alternativos que podem servir também para ilustrar de modo mais fácil o mesmo princípio. Segundo os autores, o estudo de princípios básicos da Física Moderna através da utilização de brinquedos reflete no desafio de não apenas centrar suas atenções na possibilidade de ilustrar determinados conceitos, mas de estendê-lo com o objetivo de evidenciar de forma mais clara os princípios físicos contidos nesta área.

Silveira e Peduzzi (2006), descrevem que um trabalho científico pode ser desconfigurado quando se associa uma epistemologia empirista à sua ciência. Ele considera que uma história empirista não apenas empobrece a história da ciência, ela também induz visões distorcidas da natureza da ciência e do "empreendimento" científico. Essa visão surge ao descrever, em seu artigo, três episódios de descoberta cientifica em duas visões diferentes, a de "uma caricatura empirista" e de "uma outra história". O episódios são: **"Os experimentos de Pisa e do plano inclinado e a teoria da queda dos graves de Galileu: a história empirista/outra história"**, **"Os experimentos de Michelson-Morley e a teoria da relatividade restrita de Einstein: a história empirista/outra história"** e **"Os espectros de emissão atômica e a teoria do átomo de Bohr: a história empirista/outra história"**. O objetivo de seu trabalho foi de criticar o relato empirista, independentemente do seu grau de sofisticação, mostrando, nos três episódios de descoberta científica, que existe uma outra história, muito mais rica e complexa, sobre a produção do conhecimento científico.

Gödel (2006), tradução de Silvio R. Dahmen, discute o conceito de tempo na teoria da relatividade geral. O autor parte da discussão de uma das propriedades mais interessantes da teoria da relatividade, a descoberta de uma propriedade

extremamente surpreendente e nova do tempo, a simultaneidade. Dois eventos A e B, simultâneos, deixarão de ter validade se outro observador puder afirmar que os eventos não ocorrem simultaneamente. A existência da matéria, na curvatura do espaço-tempo por ela causada, em todos possíveis universos definem tempos locais que, para os observadores, formam um único tempo universal. Essas afirmações apresentadas pelo autor, definem uma postura "filosófica" da relação entre o tempo, e a maneira como a matéria e seu movimento estão distribuídos no universo.

O desenvolvimento das teorias físicas do início do século XX proporcionou à humanidade uma nova forma de ver o mundo, influenciando os movimentos artísticos da época. Salvador Dalí, um dos mais conhecidos representantes do Surrealismo, expressou metaforicamente em suas obras conceitos como a descontinuidade, a quantização e o espaço-tempo. Segundo a pesquisa de Andrade e Germano (2007), a aproximação entre ciência e arte recupera o entendimento da ciência como cultura humana e contribui para o desenvolvimento de um ensino interdisciplinar de Física no nível médio e na formação de professores, ou seja, a utilização dessas obras auxilia uma visão sociocultural contextualizada proposta pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), com o intuito de facilitar a assimilação de conceitos físicos por parte dos estudantes através da promoção do encantamento pelo tema. Em síntese, os autores defendem a possibilidade de realizar uma revisão histórica das descobertas da Física Relativística e Quântica da época a partir do estudo das potencialidades existentes nas pinturas de Dalí e suas respectivas temáticas científicas.

As objeções físicas à ideia de movimento absoluto levaram à formulação da teoria da relatividade restrita e geral, analisado a partir da exposição conceitual das ideias de espaço e de tempo, desde a mecânica newtoniana até as grandes transformações introduzidas pela teoria da relatividade de Einstein. A formulação definitiva da teoria da relatividade geral, feita por Einstein em 1915, eliminou os aspectos absolutos do movimento através de uma teoria da gravitação que incorporava o espaço e o tempo, encurvados pela matéria e pela energia, como elementos dinâmicos de sua teoria. O conceito de "espaço-tempo" einsteiniano da relatividade geral distancia-se das concepções intuitivas próprias do senso comum e a partir de uma análise histórica, Porto e Porto (2008) julgam ser válido o desafio de transmitir em linguagem didática acessível a estudantes e interessados em geral os conceitos e formas de pensamentos científicos que constituem hoje patrimônio cultural do Homem.

Martins (2012), a partir de suas pesquisas, faz uma crítica relacionada ao ensino e à divulgação da teoria da relatividade por apresentarem o experimento de Michelson e Morley (1887) como evidência experimental para o desencadeamento da teoria da relatividade especial, o que representa uma versão simplista e distorcida dos fatos históricos, como também, uma mensagem inadequada a respeito de como a ciência se desenvolve. O autor ressalta a importância de discutir os conhecimentos relacionados aos experimentos propostos e/ou realizados durante o século XIX, anteriores ao de Michelson e Morley e em especial a teoria do éter de Augustin Fresnel, pois permitem mostrar a complexidade da situação histórica e transmitem algumas mensagens importantes sobre a natureza da ciência que precederam a teoria da relatividade.

2.2 Ensino de relatividade no ensino superior

Lopes (1994), propõe em seu trabalho que os fótons, ao escaparem rasantes da borda do Sol, sofrem um desvio gravitacional, segundo à teoria da Relatividade Generalizada, o que resulta na aparição de um raio virtual do Sol, ligeiramente maior que o raio real. A partir disso, são feitas especulações quanto à possibilidade de galáxias, aglomerados, etc, muito massivos, parecerem bem menores do que costumam ser, como também ser possível ver um objeto como uma imagem virtual de uma estrela anã branca ou de uma estrela de nêutrons, considerando que ele tenha pouca luminosidade e um diâmetro aparente de alguns minutos de arco. Os resultados apresentados são previstos por Einstein através da sua teoria sobre a Relatividade Generalizada, o que tem sido confirmado, no espectro visível, através de radiofontes ocultados pelo Sol ou próximas à borda solar e a partir de resultados obtidos durante os eclipses totais do Sol.

Vaz Jr. (2000), em seu trabalho, propõe apresentar a álgebra geométrica do espaço-tempo de Minkowski como uma estrutura natural e eficiente para a formulação da Teoria da Relatividade, enfatizando que ela permite contornar dois dos maiores obstáculos do entendimento desta teoria: a quadridimensionalidade e o caráter pseudo-euclideano do espaço-tempo. Além disso, o autor destaca a capacidade de generalização como uma das grandes vantagens do formalismo manifestada através da álgebra geométrica do espaço-tempo.

Partindo do princípio de que a teoria da relatividade geral possui uma formulação matemática precisa, mas ao mesmo tempo complexa, o que por muitas vezes inviabiliza o seu entendimento, Falciano (2009), propõe uma reflexão filosófica sobre as ideias que guiaram o pensamento de Einstein na construção da teoria da relatividade geral, com ênfase a conceitos como geometria, espaço-tempo curvos e gravitação. Ao final de seu trabalho, o autor destaca a mudança de visão de mundo e o fato de rever as noções fundamentais da experiência humana a partir da teoria da relatividade, e conclui refletindo que para compreendê-la é preciso dominar os princípios sobre os quais ela é baseada.

Steiner (2010), apresenta em seu trabalho uma breve história da ideia de buraco negro, desde a formulação da Teoria da Relatividade Geral até observações mais recentes. Segundo o autor, parece uma contradição muito grande que os objetos mais luminosos do universo, os quasares, estejam associados a buracos negros, os quais por definição não emitem radiação. A explicação associada a isso, é de que os buracos negros podem capturar um gás da sua vizinhança, o qual migra em direção ao buraco negro central, espirala em forma de disco e transforma sucessivamente sua energia potencial gravitacional em energia cinética, térmica e radioativa. Os buracos negros transformaram-se de objetos exóticos em componentes essenciais para se entender a evolução das estrelas e galáxias, o que ao longo do século XX passou de especulações teóricas para a consolidação como objetos reais.

Com o objetivo de mostrar a possibilidade de compreender a cosmologia sob um ponto de vista newtoniano, Fabris e Velten (2012), abordam em seus trabalhos os resultados desde McCrea e Milne na década de 1930 até a formulação final de Harrison na década de 1960, onde a pressão foi incorporada à cosmologia newtoniana, sem nenhuma interpretação da relatividade geral, dando origem a cosmologia neo-newtoniana. Os autores focam a ideia de que a comparação entre cosmologias newtonianas e relativistas não se limita ao nível da expansão de fundo do Universo e a partir disso, o trabalho analisa as limitações à construção de uma cosmologia newtoniana.

Conto et al (2013), apresentam uma abordagem alternativa no ensino de relatividade especial ao utilizarem os postulados e relações de medidas de intervalos de tempo entre diferentes referenciais inerciais. No trabalho é analisado o fator K da teoria de Bondi, o qual permite obter resultados importantes na física, como o momento

linear relativístico e a energia total relativística. Além disso, são discutidos também alguns dos principais resultados obtidos pela relatividade especial de Einstein, como a dilatação temporal, a contração espacial e a simultaneidade de eventos separados espacialmente. Por fim, os autores acreditam que o cálculo K não se restringe apenas ao entendimento da teoria, sendo possível obter aplicações, como também ser utilizado para um primeiro contato com a teoria da relatividade.

2.3 Ensino de relatividade no ensino médio

Ostermann e Ricci (2002), após análise de livros didáticos de Física para o ensino médio, criticam as suas respectivas abordagens relacionadas aos conceitos de contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos no contexto da introdução de tópicos sobre Relatividade Restrita, pois a maioria dos livros apresentam sérios erros conceituais que podem reforçar as concepções espontâneas de alunos e professores. Além disso, alguns livros não abordam o tema de Relatividade Restrita e quando o fazem são superficiais, o que reflete o longo caminho a ser trilhado até que temas da física do século XX sejam discutidos nos livros, tornando-os compatíveis com as novas tendências curriculares.

Ademais, os autores destacam que, em vários países, já foi superada a etapa de justificativa para a inserção e abordagem de FMC nos livros e sistemas escolares de ensino.

A partir da análise crítica, da abordagem de conceitos de massa relativística e equivalência massa-energia, em diversas obras, Ostermann e Ricci (2004), constataram que o conceito da equivalência de massa-energia é interpretado de forma errônea e a massa relativística é introduzida como sendo um conceito fundamental da Relatividade Restrita, mas que essa noção é inadequada e não deveria ser abordada. Os autores trouxeram nos capítulos “Massa Relativística e Inércia”, “Equivalência Massa-Energia” uma discussão acerca dos conceitos físicos, e no capítulo “Massa Relativística e equivalência Massa-Energia em alguns livros didáticos de Física para o ensino médio” uma análise da presença destes conceitos físicos nos livros didáticos de Física.

Para que a educação científica possa subsidiar o aluno no exercício de uma cidadania consciente e atuante, é preciso proporcionar ao estudante uma compreensão crítica da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. Köhnlein e Peduzzi (2005) propõem em seu trabalho um Módulo Didático relacionado à Teoria da Relatividade Restrita baseado em uma abordagem histórico-filosófica e estruturado de acordo com os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1992). Esta estratégia de ensino foi testada em uma turma de 4ª fase do ensino médio de uma escola pública de Santa Catarina e mostrou-se bastante positiva, capaz de envolver o aluno nas discussões em sala de aula e promover o seu interesse, contrária a abordagem utilizada tradicionalmente na disciplina de Física. Os autores destacam que esta proposta sugere igualmente que introduzir a Teoria da Relatividade Restrita no ensino médio pode ser uma alternativa para quem busca tornar a física mais interessante para o aluno, além de que o tema pode proporcionar uma discussão à cerca do papel da comunidade científica e mostrar que o conhecimento científico não é imutável, e sim uma construção humana que está sujeita a contestações e modificações.

Santos (2006), com o intuito de auxiliar professores tanto do ensino médio quanto do Ensino Superior que se deparam com a dificuldade de introduzir os alunos às abstrações da Física Moderna e de conceitos da Teoria da Relatividade, o autor sugere o uso de diagramas que podem ser úteis como recursos auxiliares na demonstração de efeitos como a dilatação do tempo ou a contração espacial. No trabalho é proposta a construção de dois pêndulos equivalentes para demonstrar a diferença no avanço do tempo entre dois sistemas de referência: um em repouso e o outro em movimento, ambos em relação ao observador. O autor acrescenta ainda que há outros diagramas disponíveis que podem ser encontrados na literatura e facilmente adaptados ao propósito de fornecer aos alunos noções da Teoria da Relatividade Restrita.

Karam, Cruz e Coimbra (2007), realizaram uma investigação, com alunos do 1º ano do ensino médio, para constatar a assimilação de conceitos, do princípio de relatividade de Galileu, trabalhados logo após a abordagem de cinemática. Ao expor os alunos a situações conflitantes, utilizando o três momentos pedagógicos, puderam perceber que os conceitos foram muito questionados e gradativamente assimilados pelos estudantes. O resultado de uma análise dos testes(pré e pós-teste), realizado

após a sequência didática, foi expressivo [fala do autor]. Com exceção de um aluno, todos os demais assinalaram as opções corretas e justificaram mencionando o princípio da relatividade permitindo, aos autores, aferir que as atividades desenvolvidas foram bem sucedidas. Concluindo, “(...) uma discussão mais ampla sobre o princípio da relatividade de Galileu, enfatizando a impossibilidade de se detectar experimentalmente o movimento uniforme absoluto, pode contribuir para uma ênfase nos aspectos conceituais da física e servir também como uma porta de entrada para e abordagem de tópicos da relatividade”.

Com o objetivo de contribuir para o ensino de conceitos de relatividade restrita e geral para o ensino médio, Guerra, Braga e Reis (2007) desenvolveram uma proposta curricular aplicada no primeiro ano de uma escola da rede federal de ensino. O tema central do trabalho foi a mecânica, sendo a cinemática dos movimentos o primeiro assunto abordado. Os autores utilizaram o filme “O nome da Rosa”, como caminho para envolver os alunos com o tema nascimento da ciência moderna e, assim, abordar a obra e vida de Galileu Galilei, uma seleção de imagens contendo pinturas/obras de arte produzidas por artistas da Idade Média, que permitiram discussões de espaço e tempo, e um trabalho em grupo, onde cada aluno escolheria um tema, proposto pelo professor para trabalhar a teoria de relatividade restrita de geral de Einstein. Não foi realizada uma análise que pudesse medir o quanto o grupo de alunos apreendeu dos conteúdos abordados, privilegiando o registro diário das impressões do trabalho desenvolvido, o qual o professor era responsável e que mostraram a integração dos conteúdos de relatividade ao currículo, de uma forma que os assuntos não fossem percebidos como um apêndice aos conteúdos pertencentes ao currículo.

Para uma abordagem lúdica e divertida da Física Moderna no ensino médio, Caruso e Freitas (2009) propõem o uso de histórias em quadrinhos que evidenciem as contribuições de Einstein para a consolidação da Teoria da Relatividade. Os autores caracterizam esta estratégia de ensino como instrumento de apoio capaz de “prender a atenção” dos alunos e de permitir, em um primeiro momento, a abordagem de qualquer assunto de física ou de ciências sem recorrer à matematização do fenômeno. Ao final do trabalho, é apresentada também a possibilidade de usar a história em quadrinhos como uma forma viável do aluno ilustrar o seu conhecimento após compreender alguns conceitos básicos.

A introdução de temas de FMC no currículo do ensino médio deve contribuir para o entendimento da cultura do século XX, ou seja, valorizar o conhecimento científico como forma de compreensão mais profunda da realidade. Para Guerra e Braga (2010), no caso específico do estudo da Teoria da Relatividade Restrita, o trabalho em sala de aula deve seguir uma abordagem histórico-filosófica para que o aluno, além de ficar encantado com o tema, tenha abertura para o estudo de um conteúdo que traz questões bem diferentes daquelas por ele aprendidas com o senso comum. Uma segunda proposta dos autores é a parceria entre os professores de ciências, Filosofia, Artes, História e Literatura para estabelecer um diálogo entre as áreas do conhecimento, proporcionando uma educação científica que ultrapasse a resolução de algoritmos e ganhe significado na formação cultural desse aluno.

Enfim, o presente levantamento literário teve por objetivo destacar os trabalhos desenvolvidos sobre relatividade no ensino de física nos dois meios de divulgação da área, a RBEF e o CBEF. Ambos são representativos da área de Ensino de Física e Ensino de Ciências.

Nota-se um aumento, não expressivo, mas relevante, do número de artigos publicados no período de 2002 a 2007 que pode ser interpretado como consequência - já observada por Terrazzan (1992) - da importância da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau.

> O que não podemos é esperar a entrada do século XXI para iniciarmos a discussão nas escolas da Física do século XX. Utilizando uma frase de um colega pesquisador em ensino de física, Prof. João Zanetic da USP, é fundamental que "ensinamos a física do século XX antes que ele acabe" (TERRAZZAN, 1992, p. 211).

Porém,

> […] já se nota uma preocupação crescente, manifestada por alguns autores ou equipes de projetos de ensino, no sentido de se refletir sobre esta questão. Podemos dizer que há, no momento, uma certa tendência em se pensar a atualização dos programas de ensino de física (TERRAZZAN, 1992, p. 212).

Observa-se que grande parte dos artigos abordam “aspectos de natureza histórica sobre a relatividade” e o “ensino de relatividade no ensino superior”, restando poucos trabalhos desenvolvidos relacionados a atividades e/ou propostas de ensino no nível médio. Todas as categorias trazem artigos que abordam conceitos de Relatividade Geral e Restrita, dos quais, aqueles pertencentes às categorias de Ensino,

6 trazem módulos referentes ao ensino e mais 6, não exatamente os mesmos, utilizam recursos de ensino para o auxílio da aprendizagem de conceitos de Relatividade. Em média, há um artigo publicado por ano, predominantemente relacionado ao ensino de relatividade Restrita e que utiliza-se de conceitos de relatividade como estratégia de ensino, diferenciando da perspectiva desta pesquisa que faz o uso de estratégias de ensino para a abordagem de conceitos de Relatividade.

O levantamento apontou a falta de trabalhos sobre o ensino de Relatividade Geral para o ensino médio e principalmente a não utilização de recursos para o auxílio na aprendizagem. Assim, destaca-se a necessidade de trabalhos que abordem o ensino de conceitos de relatividade, especificadamente a relatividade geral, no contexto desta pesquisa.

Este trabalho somará estratégias de ensino, presentes nos artigos do ambiente de pesquisa da área e os elencados no levantamento literário, que deverão compor sua execução pela inserção de um tema central de trabalho, similar a Guerra, Braga e Reis (2007), o qual caracteriza-se como *tema do estudo* de mecânica para findar nos conceitos de relatividade restrita, a partir da abordagem da cinemática dos movimentos, dos conceitos de referencial, das grandezas de posição, deslocamento, velocidade e aceleração e as transformadas de Galileu. Além disso, propõe a composição de um *módulo didático* que, segundo Köhnlein e Peduzzi (2005), se apresenta para os alunos com uma grande receptividade quando os conteúdos são articulados utilizando estratégias de ensino diversificadas.

A prévia composição de um módulo didático possibilita o uso de estratégias de ensino diversificadas e a articulação entre os tópicos a serem abordados, devido a reflexão realizada para seu planejamento e execução; e o uso de *atividades de estudo* conforme, Rodrigues, Sauerwein e Sauerwein (2014), quando exploraram o uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS), proporcionando aos alunos momentos de reflexão sobre determinadas situações. É evidente que esta proposta se cumpra de forma diferenciada ao utilizar estas estratégias, que se concretizaram positivamente, para a inserção do conceito de espaço em FMC, tópico pouco abordado na disciplina de Física do EM.

A seguir fundamentaremos esta pesquisa, considerando os aspectos e as discussões apontadas durante o levantamento literário, a fim de clarear os métodos e as interpretações utilizadas na investigação.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PEDAGÓGICA DA INVESTIGAÇÃO

A fundamentação teórica de investigação escolhida para este trabalho de pesquisa tem como base a teoria histórico-cultural do desenvolvimento humano de Lev Semionovich Vygotsky, somada às contribuições de autores que a estabelecem em uma perspectiva histórico-social. A teoria de Vygotsky está associada a termos e/ou palavras chaves, tais como: sociabilidade humana, interação social, signos e instrumentos, mediação histórico-cultural, histórico-social, zona de desenvolvimento proximal, internalização e formação de conceitos.

Segundo Ivic (2010), se houvesse a necessidade de reunir palavras em uma única expressão, poderíamos dizer que a teoria de Vygotsky é uma "teoria socio-histórico-cultural do desenvolvimento humano", ainda que dependendo do autor e da abordagem, esta também é chamada de "teoria histórico-cultural", "teoria sócio-histórica", "teoria sócio-cultural" e "teoria de desenvolvimento humano histórico-cultural". A questão central da teoria de Vygotsky, pertinente a esta pesquisa, está pautada nos *instrumentos* e *signos* como *mediadores* do desenvolvimento e do aprendizado e na apropriação dos *significados* apresentados durante o módulo de ensino.

De forma geral, a **mediação** no desenvolvimento e no aprendizado, é um processo de intervenção na relação entre o indivíduo e o ambiente. Vygotski (1991), descreveu mediação quando argumentou que, nas formas superiores do comportamento, o indivíduo modifica ativamente a sua relação com o ambiente como uma parte do processo de resposta a ela. Neste processo a resposta é mediada por elementos intermediários e/ou ferramentas auxiliares da ação do indivíduo, que Vigotsky define por ***instrumentos*** e ***signos****.*

Silva (2013), descreve, à luz dos pressupostos de Vygotsky, que a ação humana é produzida de forma mediada, sendo que instrumentos e signos são mediadores de uma *atividade refletida.* Os instrumentos são orientados como mediadores da atividade em ação prática na função de transformação do ambiente e os signos são orientados internamente, pelo indivíduo, como mediadores de sua *atividade psicológica*. Segundo Vygotski, essas atividades diferem pela maneira que orientam o comportamento do

indivíduo, interna e externamente, mas estão ligadas pelo controle do comportamento e do ambiente:

> O instrumento [...] Constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e domínio da natureza. O signo, por outro lado, [...] Constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo; o signo é orientado internamente. Essas atividades são tão diferentes umas das outras, que a natureza dos meios por elas utilizados não pode ser a mesma. […] O controle da natureza e o controle do comportamento estão mutuamente ligados, assim como a alteração provocada pelo homem sobre a natureza altera a própria natureza do homem (VYGOTSKI, 1991, p. 40).

Silva (2013), baseada na compreensão de Fontana e Cruz (1997) e Pino (2000), descreve que na relação de cultura como produto/produção da vida social, os *instrumentos* são técnicas e ferramentas e um *sistema de signos* – estruturas complexas e articuladas de signos (Vygotski, 1991) – é linguagem, escrita, sistema numérico e tudo que é utilizado pelo homem para representar, evocar ou tornar presente o que está ausente. Instrumentos e signos são mediadores de atividades do indivíduo, permitindo controlar e transformar o ambiente físico e social, e também, o seu próprio comportamento.

Os signos modificam os processos psicológicos de desenvolvimento e os instrumentos, por sua vez, ampliam a gama de ações nas quais o indivíduo pode operar (SILVA, 2013). Neste sentido, os signos se apresentam como os conceitos a serem estudados, ainda não reconhecidos pelo aluno, mas na iminência de serem apreendidos, e os instrumentos se apresentam como as atividades e/ou os objetos utilizados para o estudo. Juntos, instrumentos e signos proporcionam uma ação refletida do aluno que ampliam sua capacidade de ação em um domínio teórico e prático.

> [...] é a partir de sua experiência com o mundo objetivo e do contato com as formas culturalmente determinadas de organização do real (e com os signos fornecidos pela cultura) que os indivíduos vão construir seu sistema de signos, o qual consistirá numa espécie de “código” para decifração do mundo (OLIVEIRA, 1997, p. 37).

O pensamento do indivíduo é um resultado de processos mediados por sistemas de signos, determinados pela relação entre um conjunto de signos. Em breve recorte, Oliveira (1997), descreve que a linguagem é um sistema de signos básico para o

indivíduo, para Vygotsky a sua principal função é a comunicação do indivíduo com seus semelhantes. Cada palavra se apresenta como um signo, um conjunto delas como a linguagem (sistemas de signos), e a capacidade de comunicação como função psicológica do resultado de processos mediados por este sistema de signos.

> Os sistemas de signos (a linguagem, a escrita, o sistema de números), assim como o sistema de instrumentos, são criados pelas sociedades ao longo do curso da história humana e mudam a forma social e o nível de seu desenvolvimento cultural (VIGOTSKI, 1991, p. 11).

O desenvolvimento do indivíduo não se reduz somente às mudanças no seu interior, mas se traduz na ação de objetos exteriores (instrumentos) que podem ser utilizados para a produção de mudanças internas (signos). Assim, existe toda uma gama de instrumentos que, orientados ao próprio indivíduo, podem ser utilizados para controlar, coordenar e desenvolver suas próprias capacidades (IVIC, 2010, p. 20).

Oliveira (1997), diz que os signos substituem objetos no mundo real e passam a se tornar representações mentais. Quando pensamos em algo, por exemplo um gato, não temos na mente o próprio gato, mas uma ideia, um conceito, uma imagem, ou seja, um conceito e uma representação do signo, gato, que substitui o gato real sobre o qual pensamos. A autora descreve que ao longo da história da sociedade, no desenvolvimento de atividades coletivas, nas relações sociais e no uso de instrumentos, as representações de objetos da realidade têm se relacionado com sistemas de símbolos, ou seja, os signos não se mantém isolados como representação de um ou outro objeto, mas passam a ser compartilhados pelos membros da sociedade (ambiente social). Nesse sentido, os **signos** passam a servir como **mediadores** na compreensão do mundo (OLIVEIRA, 1997, p. 36).

Assim, os signos aprendidos ou entendidos pelos alunos passam a servir como linguagem para a comunicação e interação em sala ou até mesmo para a realização das atividades, por exemplo, quando um aluno reconhece um objeto e o apropria como signo, passa a utilizá-lo para se comunicar com o outro. Todo esse processo de transformar objetos do mundo real, de contato externo em algo interno, de objetos em signos e/ou representações mentais, é chamado de **internalização**. Nas palavras de Vygotski, internalização é a reconstrução interna de uma operação externa.

> A internalização dos sistemas de signos produzidos culturalmente provoca transformações comportamentais e estabelece um elo de ligação entre as formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual (VYGOTSKI, 1991, p. 11).

Um bom exemplo, que o autor descreve desse processo, pode ser encontrado no desenvolvimento do gesto de apontar. Inicialmente, para a criança, este gesto não é nada mais do que uma tentativa sem sucesso de pegar algo, um movimento dirigido para um certo objeto, que desencadeia a atividade de aproximação. A criança tenta pegar um objeto colocado além de seu alcance, mas suas mãos esticadas em direção àquele permanecem paradas no ar. Nesse estágio inicial, o gesto para a criança significa pegar. A frustração na ação proporciona uma reação que se manifesta em uma mudança naquela função do movimento, de um movimento dirigido ao objeto se torna um movimento dirigido a outra pessoa, por exemplo à mãe. Isto gera uma relação entre a criança e a mãe que evoluiu, para a criança, do movimento de pegar ao ato de apontar.

Segundo Vygotski (1991), a internalização possui dois processos básicos: o **interpessoal** e o **intrapessoal**. Todas as funções de desenvolvimento do indivíduo, inclusive na *desenvolvimento de conceitos*, aparecem duas vezes: primeiro no nível social, entre pessoas (interpsicológica), e depois no individual, no interior do indivíduo (intrapsicológica). O autor descreve a “fala” como um excelente exemplo do uso de signos que uma vez internalizados proporcionam o desenvolvimento, pois inclusive permite a comunicação com o outro.

Assim, dado o entendimento da internalização de signos e o mesmo associado aos instrumentos como mediadores na atividade com os alunos, faz-se necessário descrever o processo de desenvolvimento dos conceitos que serão estudados.

É pertinente iniciar esta descrição exemplificando que a construção de um conceito pode ocorrer de dois modos distintos: em um processo mecânico e passivo para o aluno, na reprodução pelo professor dos conceitos e teorias com o uso do “quadro e giz”; e por um processo dinâmico de formação e amadurecimento dos conceitos que ocorre desde as fases iniciais de desenvolvimento do aluno (Vygotsky, 2001). O foco para o desenvolvimento dos conceitos presentes nesta investigação não se apresenta em uma perspectiva de memorização e/ou reprodução de conceitos, mas na capacidade de se reinterpretar os conceitos cotidianos –

discutidos adiante – originados do processo dinâmico de vivência do aluno. Como contra exemplo, o professor em uma abordagem pautada no primeiro modo, apenas, transmitiria os conceitos fornecidos em um material de consulta para o estudo do módulo de ensino, privando o aluno da capacidade de interagir e reinterpretar os conceitos.

> O desenvolvimento dos processos que acabam por gerar a formação dos conceitos começam durante as fases mais precoces da infância, mas as funções intelectuais que, em determinadas combinações formam a base psicológica da formação dos conceitos amadurecem, tomam forma e desenvolvem-se apenas durante a puberdade (VYGOTSKY, 2001, p.116).

Para Vygotsky (2001), a formação de conceitos é descrita como a capacidade do indivíduo de **generalizar** e **abstrair** informações obtidas durante todo o seu desenvolvimento. É nesta perspectiva que o autor descreve a **formação de conceitos** em três fases: o pensamento sincrético, pensamento por complexos e pensamento por conceitos.

A primeira fase de formação de conceitos, o pensamento sincrético, ocorre nos primeiro anos de desenvolvimento da criança e na constituição de um conglomerado sincrético de informações. Vygotsky descreve que a criança associa um certo número de objetos a um acervo desorganizado ou “monte” que será utilizado na sua relação com o meio. Esta fase não se apresenta como objeto de discussão desta pesquisa já que ocorre nos anos iniciais de desenvolvimento da criança.

A segunda fase de formação de conceitos, o pensamento por complexos, foi assim denominada a partir da capacidade da criança em reunir certo número de objetos formando um “complexo”, estes possuem relações de vínculo reais como por exemplo, a cor, o formato ou a localização. Em um complexo, as ligações entre seus elementos são mais concretas do que abstratas.

> A principal função dos complexos consiste em estabelecer ligações e relações. O pensamento por complexos dá início à unificação das impressões dispersas; ao organizar elementos discretos da experiência em grupos cria uma base para futuras generalizações (VYGOTSKY, 2001, p.149).

Existem cinco tipos de complexos, dos quais apenas o do tipo **pseudoconceito** não será descrito sucintamente, pois é o que mais aproxima do conceito propriamente dito. Os demais apresentam o pensamento por **associação** a um objeto central; outros

que se assemelham por **coleção**; os que se organizam por uma **cadeia** sequencial de características; e aqueles que apresentam uma relação **difusa** manifestando impressões de que existe algo em comum entre os objetos, por exemplo trapézios e triângulos.

O pensamento complexo do tipo pseudoconceito é assim denominado por se assemelhar aos conceitos propriamente ditos, mas que na sua essência possui diversas ligações concretas entre os elementos que ainda os descrevem como um complexo. Por exemplo, o entendimento de espaço, como pseudoconceito, pode ser interpretado na Cinemática, no Universo ou no Espaço Geográfico; como conceito, o indivíduo utiliza de abstrações e atributos que limitam seu entendimento no contexto do estudo de Astronomia e FMC. O tipo de complexo por pseudoconceito predomina sobre os outros no pensamento do aluno e se destaca pela função de transição entre o pensamento por complexos e o pensamento por conceitos.

> No pensamento complexo a relação entre "flor" e "rosa" não é uma relação de subordinação hierárquica: o conceito mais lato e o conceito mais restrito coexistem no mesmo plano (VYGOTSKY, 2001, p.112).

Segundo Vygotsky (2001), a principal diferença entre um complexo e um conceito está relacionada ao uso de atributos e uma estrutura hierárquica de generalidade. Enquanto os conceitos agrupam os objetos portadores de significado em função de atributos, as ligações que unem os elementos de um complexo com o todo e entre si podem ser tão diversas quanto as relações existentes entre objetos na realidade. No pensamento por conceitos, a existência de uma série de conceitos subordinados pressupõe uma hierarquia em níveis de **generalidade**, que difere do pensamento por complexos, quando se ignora a relação que forma dois conceitos de diferentes graus de **abstração** que coexistem em um mesmo nível.

> O exemplo que se segue pode descrever a função desempenhada por estes diversos graus de generalidade na emergência de um sistema: uma criança aprende a palavra flor e pouco depois a palavra rosa; durante um longo período de tempo não se pode dizer que o conceito "flor", embora de aplicação mais lata do que a palavra "rosa", seja para a criança mais geral. Ela não inclui nem subordina a si a palavra "rosa" — os dois conceitos são inter-permutáveis e justapostos. Quando "flor" se generaliza, a relação entre "flor" e "rosa", assim como entre flor e outros conceitos subordinados, também se transforma no cérebro da criança. Um sistema vai ganhando forma (VYGOTSKY, 2001, p.93).

O processo de formação de conceitos se apresenta em uma complexa atividade em todas funções de pensamento do aluno. Contudo, segundo Vygotski (1991) este processo não pode ser reduzido a determinadas associações, tendências, imaginações ou inferências. Toda as funções são indispensáveis, mas não suficientes se não se empregar significados, como meios pelo qual ocorre o desenvolvimento do pensamento do aluno. Assim, em um breve recorte, analisar o emprego dos termos (tópicos abordados no estudo) no processo de definição apresentado pelos alunos, não descreve a complexidade da formação de um conceito e nem o define, mas expõe seus **significados**. Este se destaca como objeto de verificação na investigação e análise dos discursos apresentados pelos alunos.

O social interfere diretamente no desenvolvimento dos conceitos e em todos os pressupostos de Vygotsky descritos. A interação social é o principal caminho para o desenvolvimento do aluno, é através dela que ele aprende e se tornar mais completo. Para o desenvolvimento do aluno, os fatores mais importantes, tanto na formação de conceitos quanto na significação, são as interações com o outro.

> O ser humano, por sua origem e natureza, não pode nem existir nem conhecer o desenvolvimento próprio de sua espécie como uma mônada isolada: ele tem, necessariamente, seu prolongamento nos outros; tomado em si, ele não é um ser completo. Para o desenvolvimento da criança, em particular na primeira infância, os fatores mais importantes são as interações assimétricas, isto é, as interações com os adultos, portadores de todas as mensagens da cultura (IVIC, 2010, p. 16).

Segundo Vygotski (1991), a capacidade do indivíduo evoluí através da interação na sociedade e na utilização de signos ou instrumentos como mediadores. O indivíduo, na sociedade, consegue internalizar os meios para uma adaptação social através dos signos.

> Signos e palavras constituem para as crianças, primeiro e acima de tudo, um meio de contato social com outras pessoas. As funções cognitivas e comunicativas da linguagem tornam-se, então, a base de uma forma nova e superior de atividade […] (VYGOTSKI, 1991, p. 27).

Em síntese, o desenvolvimento tipicamente humano é social, histórico e cultural. Os elementos mediadores na relação entre o aluno e o mundo, como os signos, instrumentos e todos os elementos do ambiente cotidiano carregados de significado cultural, são oferecidos na interação social com o outro. Os sistemas simbólicos, e

particularmente a linguagem, exercem um papel fundamental na comunicação e no estabelecimento de significados, permitindo interpretações dos objetos, eventos e situações do mundo real. Conseguinte, estes significados e interpretações formam uma conjunto de elementos que organizados por relações lógicas proporcionam a formação dos conceitos (OLIVEIRA, 1997 p. 40).

Será apresentado a seguir a relação entre os princípios teóricos descritos e as ações pedagógicas desta pesquisa.

3.1 Implicações pedagógicas da pesquisa na perspectiva da teoria de desenvolvimento histórico-cultural de Vygotsky

No que concerne à ação do professor, é fundamental que ele tenha compreensão do seu papel no processo e desenvolvimento dos significados em sala de aula, evitando assim, divergência entre teoria e prática. O professor é o mediador no processo de ensino/aprendizado e na relação do aluno com o conhecimento. Sua ação, no âmbito desta pesquisa, se faz no sentido de mediar/articular discussões em sala de aula na **compreensão dos conceitos científicos** e com o auxílio de atividades práticas e modelos representacionais, presentes no produto educacional, como instrumentos de mediação. A mediação do professor se apresenta na premissa de que o desenvolvimento do aluno ocorre pela interação social e consequentemente a interação em sala de aula. Vygotsky (1991) descreve que a mediação na interação do indivíduo/ambiente se faz pelo uso de instrumentos e signos.

> […] o signo mediador é incorporado na sua estrutura como parte indispensável a bem dizer fulcral do processo total. Na gênese do conceito, esse signo é a palavra, que a princípio desempenha o papel de meio de formação de um conceito, transformando-se mais tarde em símbolo (VYGOTSKI, 1991, p.116).

A princípio, para os alunos, um signo deverá se apresentar como um termo e/ou palavra nova na qual representará a generalização de um conceito que, conforme seu desenvolvimento e das atividades, poderá se transformar e ser substituído por generalizações em níveis mais elevados, resultando no processo de formação dos conceitos científicos.

A formação dos conceitos científicos surge pelo desenvolvimento de significados mais básicos, apropriados durante a vida do aluno. Estes, são pré existentes e trazidos para a sala de aula. Vygotski (1991) defende que o **aprendizado** do aluno começa antes de frequentar a escola e o define como "**pré-escolar**", não sistematizado. Este difere do **aprendizado escolar**, sistematizado, o qual está voltado para a internalização do conhecimento/conceito científico. Da mesma forma que existe um aprendizado pré-escolar, Vygotsky descreve que existem conceitos iniciais que foram desenvolvidos ao longo da vida do aluno e os define como "**conceitos cotidianos**". Na escola o aluno tem por objetivo entender as concepções científicas, ou seja, "**conceitos científicos**". O autor descreve que os conceitos cotidianos e os científicos se relacionam e estão presentes no processo de formação dos conceitos.

> Na escola a criança está diante de uma tarefa particular: entender as bases dos estudos científicos, ou seja, um sistema de concepções científicas. (…) Os conceitos iniciais que foram construídos na criança ao longo de sua vida no contexto de seu ambiente social são agora deslocados para um novo processo, para uma nova relação especialmente cognitiva com o mundo, e assim nesse processo os conceitos da criança são transformados e sua estrutura muda. Durante o desenvolvimento da consciência na criança o entendimento das bases de um sistema científico de conceitos assume agora a direção desse processo (VYGOTSKI, 1991, p. 86).

Embora se desenvolvam em direções inversas, os conceitos científicos e cotidianos estão estreitamente relacionados.

> Por exemplo, os conceitos históricos podem começar por desenvolver-se apenas quando o anterior conceito cotidiano da criança se encontra suficientemente diferenciado — quando a sua vida e a vida dos que a rodeiam pode conformar-se à generalização elementar "no passado e agora", os seus conceitos geográficos e sociológicos crescerão necessariamente sobre o terreno do esquema simples "cá e lá". Ao forçarem lentamente o seu caminho ascendente, os conceitos cotidianos abrem caminho para os conceitos científicos e o seu desenvolvimento descendente (VYGOTSKY, 2001, p. 109).

Os conceitos científicos fornecem estruturas para o desenvolvimento dos conceitos cotidianos do aluno. Os conceitos cotidianos desenvolvem-se com o suporte dos conceitos científicos (VYGOTSKY, 2001). Isto está em conformidade com a teoria de desenvolvimento histórico-cultural, a qual entende que a aprendizagem é um processo de construção do conceito que relaciona este a aqueles pertencentes à vivência histórica, social e cultural do aluno a fim de compor a compreensão.

A complexidade deste processo para a compreensão dos alunos acerca do conceito de espaço ocorrerá na medida em que eles se apropriam de significados mais básicos, iniciando pela estrutura do universo e passando para o entendimento de deformação de espaço na presença de objetos massivos. O aprendizado dos alunos trazidos no início e no decorrer do módulo de ensino deve se apresentar como pré-escolar na compreensão de um espaço clássico e/ou mecânico e na forma de pensamento por complexos do tipo pseudoconceitos. Os alunos deverão associar estes pensamentos com atributos relacionados à física e astronomia, desenvolvidos durante o estudo do módulo de ensino, para que ocorra o entendimento e a apropriação do significado de espaço em Física Moderna e Contemporânea.

O aprendizado, na existência de conceitos cotidianos, deve ser combinado de alguma maneira com o nível de desenvolvimento do aluno. Nesta perspectiva, Vygotski (1991) descreve a existência de dois níveis de desenvolvimento, o real e o potencial. O **nível de desenvolvimento real** é caracterizado pela capacidade do aluno de apresentar a solução de um problema ou desenvolver uma atividade independente de ajuda, considerando que o conhecimento e os conceitos necessários já tenham sido desenvolvidos. O aluno que se apresenta no **nível de desenvolvimento potencial** necessita de orientação ou colaboração para encontrar a solução do problema ou desenvolver a atividade proposta. A diferença do nível de desenvolvimento potencial e real é definido como **Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)**, na qual o aluno se encontra durante o processo de aprendizado, ou seja, não possui a capacidade de refletir sozinho sobre o problema ou realizar a atividade proposta, mas se encontra na iminência de realizá-la. Para o autor, o desenvolvimento não coincide com o aprendizado, ou seja, o processo de desenvolvimento progride de forma mais lenta do que o aprendizado e desta sequência se caracteriza a zona de desenvolvimento proximal. Um aluno que não possui os significados necessários para a resolução de um problema no uso de conceitos científicos se apresenta na zona de desenvolvimento proximal.

> […] embora o aprendizado esteja diretamente relacionado ao curso do desenvolvimento da criança, os dois nunca são realizados em igual medida ou em paralelo. O desenvolvimento na criança nunca acompanha o aprendizado escolar da mesma maneira como uma sombra acompanha o objeto que o projeta. Na realidade, existem relações dinâmicas altamente complexas entre os processos de desenvolvimento e de aprendizado, as quais não podem ser englobadas por uma formulação hipotética imutável (VYGOTSKI, 1991, p. 61).

Para que ocorra o desenvolvimento do aluno no estudo dos conceitos científicos, os objetos com os quais o aluno esteja interagindo devem “dialogar” com os processos internos presentes na zona de desenvolvimento proximal. Após serem internalizados se estabeleçam no seu nível de desenvolvimento real e, portanto, o aluno possa descrever/definir os significados e/ou realizar as atividades propostas.

Vygotsky na compreensão de Silva (2013), diz que o desenvolvimento dos conhecimentos sistematizados/científicos se produz nas condições reais do processo de ensino que constitui uma forma de interação do professor com o aluno, seja por significados ou pelo uso de instrumentos mediadores. O uso dos modelos representacionais – objetos inseridos durante as etapas de desenvolvimento – como **instrumentos mediadores** auxiliares à prática do professor durante o módulo de ensino, além de possibilitar o aprendizado e o desenvolvimento do aluno, por meio da internalização de conhecimentos científicos, ainda promove a interação que ocorre entre aluno ↔ professor, aluno ↔ aluno, aluno ↔ grupo e grupo ↔ professor. É nesta perspectiva e no entendimento de *atividade refletida,* apresentada por Silva (2013), que *instrumentos e signos*, apresentados por Vygotsky, devem conciliar com as sequências de atividades que foram realizadas na pesquisa proposta nesse trabalho.

Em resumo, está pesquisa analisa a apropriação dos significados fornecidos pelo aluno e para a solução do problema que venha a descrever, nos discursos, o seu nível de desenvolvimento em cada etapa de estudo. A investigação utilizou da interação em sala de aula e da mediação do professor no uso de atividades refletidas, proporcionando a representação de fenômenos e a construção de significados, para verificar nos discursos dos alunos, durante as etapas do módulo de ensino, a descrição dos conceitos científicos estudados. Essas contribuições, somadas aos conhecimentos apresentados pelos alunos, estruturaram o módulo de ensino objetivando fornecer os significados necessários para o entendimento de espaço em FMC.

Estas considerações corroboram com as ideias defendidas por Vygotsky na forte influência que a interação, no uso de instrumentos e signos, exerce sobre o indivíduo e no aporte para as relações entre os conceitos cotidianos, científicos e a formação dos conceitos pelo aluno.

4 CAMINHOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada nessa pesquisa é classificada de natureza empírica qualitativa. Rosa (2011), descreve que existe uma intervenção da realidade neste tipo de pesquisa cuja avaliação faz uso de instrumentos de coleta do tipo que exige uma análise de dados de natureza qualitativa.

> São exemplos deste tipo de pesquisa aquelas nas quais novos métodos de ensino ou novas tecnologias são introduzidos para serem avaliados quanto à sua influência na aprendizagem pelos alunos de determinados conteúdos. Mudanças de percepção a respeito de determinado tema ou assunto induzidas por atividades com os alunos também são exemplos de estudos que têm esta natureza (ROSA, 2011, p. 33).

Algumas características apresentadas pelo autor descrevem que na pesquisa qualitativa há maior interesse em aspectos qualitativos dos dados, procura-se utilizar instrumentos que privilegiem a qualidade da observação, normalmente estudando em profundidade poucos casos do evento, tentando identificar o que eles têm em comum, quais são as possíveis causas do evento observado pelo pesquisador e as relações que determinam o comportamento de um determinado grupo ou sujeito.

Bogdan e Biklen (1991), trazem algumas características de uma pesquisa/investigação qualitativa. **A fonte direta de dados é o ambiente de aplicação da pesquisa.** O pesquisador utiliza-se de um instrumento para coleta de dados e pode complementá-lo devido a sua atuação direta no ambiente. **A investigação qualitativa é descritiva.** Os dados coletados são transcrições diretas dos alunos pesquisados e deve ser respeitada a forma com que eles foram registrados. As palavras escritas assumem particular importância na abordagem qualitativa, tanto para o registro de dados quanto para a disseminação dos resultados. **Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que pelos resultados ou produtos.** A característica qualitativa no processo da pesquisa se destaca pela importância que o pesquisador fornece para sua influência nos resultados obtidos. Rosa (2011), descreve que a influência do pesquisador na investigação é marcada pelo que ele chama de “fatores de validação interna e externa da pesquisa”. **Os dados são analisados de forma indutiva.** O processo de análise de dados é como um funil, os dados são amplos no início e vão se tornando específicos no final.

Em síntese, uma pesquisa qualitativa tem por objetivo a ação de descrever, compreender e explicar as interpretações no grupo pesquisado, almeja dados e resultados o mais fidedignos possíveis e utiliza de uma análise que proporcionará o tratamento sistemático do conteúdo coletado.

4.1 Ambiente da pesquisa

> É necessário inovar no ensino para obtermos resultados diferentes no ensino e na educação. É com este intuito que dizemos “Sim” para o uso da Astronomia no ambiente escolar, no contra período (EFJA, PAEXT/2014 UFMS, p. 4).

Essa pesquisa foi realizada em uma escola da rede estadual de ensino no município de Campo Grande - MS, a Escola Estadual Maria Constança Barros Machado, onde ocorre o projeto de extensão “Escola de Formação de Jovens Astrônomos (EFJA)” (PAEXT/2014;2015 – UFMS).

Com a inscrição inicial de 25 (vinte e cinco) estudantes do ensino médio no contraturno do período das aulas, a EFJA estabilizou com a presença de 20 participantes. A aplicação do módulo de ensino referente a esta pesquisa ocorreu em 7 (sete) etapas, no período de 2 (dois) meses, com dois encontros semanais de uma hora e quarenta minutos cada, totalizando 14 (catorze) encontros. Conforme as atividades foram se desenvolvendo, o ambiente de trabalho alternava entre a sala de aula, o anfiteatro, o pátio e a sala de tecnologia da escola.

A Escola Estadual Maria Constança de Barros Machado (MCBM), fundada em 1939 como o primeiro ginásio público de nome “Liceu Campo Grandense”, contou com uma grande contribuição para o ensino e mobilização política pela professora cuiabana Maria Constança Barros Machado e ganhou em 1954 um edifício escolar projetado por Oscar Niemeyer, passando a se chamar pelo seu nome atual (PESSANHA; SILVA, 2006).

Faz-se necessário informar que todo o processo de inscrição foi realizado utilizando uma ficha de inscrição, questionário de interesse, termo de consentimento livre esclarecido, termo de anuência para menores, cópia da autorização da Secretaria de Educação (SED) e documento informando o protocolo do Comitê de Ética (Plataforma Brasil), no qual o projeto de pesquisa foi submetido. Todos os documentos

foram arquivados como parte do material da pesquisa e os modelos inseridos no apêndice II desta dissertação.

4.2 Escola de Formação de Jovens Astrônomos

O projeto da EFJA se constitui como uma ação de ensino, pesquisa e extensão junto às escolas estaduais da cidade de Campo Grande, buscando fomentar um ambiente de estudo adequado para a cultura científica e a difusão de conhecimentos científicos através de encontros, cursos, palestras, observações astronômicas, realização de oficinas e a produção de material didático (impresso e digital), voltados ao ensino de temas astronômicos no ensino de física, constituindo um Ensino Inovador, com a presença de Astronomia e Física Moderna e Contemporânea na escola.

O objetivo do projeto é oferecer nos ambientes escolares atividades astronômicas de observação noturna e diurna do céu, sob a orientação dos alunos do ensino médio (jovens astrônomos) e acadêmicos da UFMS, promovendo uma ação positiva entre os jovens, com a importância em cultura, valores científicos e tecnológicos e de inclusão social, criando um ambiente favorável para que os alunos da comunidade escolar possam desenvolver suas habilidades e competências, almejando o aprendizado da astronomia e da física (PAEXT/2014 UFMS).

A EFJA desenvolvida no ano de 2014 foi composta por quatro módulos de ensino, cada um com a duração de dois meses e distribuídos conforme o quadro 2.

Estrutura do projeto	O projeto é formado por quatro grandes módulos de ensino, sendo cada um executado em aproximadamente oito semanas: 1º módulo - Nascimento, Vida e Morte das Estrelas. 2º módulo - Universo, sua origem e sua estranheza. 3º módulo - Entendendo o movimento do céu. 4º módulo - Descobrindo a Astronomia dos índios brasileiros.
Pesquisa em Ensino de Ciências	O projeto está vinculado ao grupo de pesquisa *Ciências: Educação e Popularização* (CEP), cadastrado no diretório de grupos de pesquisa do CNPq, localizado no Laboratório de Ensino em Astronomia e Geofísica do prédio principal do Instituto de Física (InFi) da Universidade Federal de Mato Grosso de Sul (UFMS).

Quadro 2 – A Escola de Formação de Jovens Astrônomos de 2014 (PAEXT/2014 UFMS).

Essa pesquisa integra o segundo módulo da Escola de Formação de Jovens Astrônomos de 2014 intitulado "**Universo, sua origem e sua estranheza**".

4.3 Etapas de desenvolvimento da aplicação

As etapas de desenvolvimento foram construídas para a execução no projeto da EFJA, aplicado previamente em outra escola estadual da cidade de Campo Grande. Esta aplicação serviu como base para a melhor organização dos tópicos a serem abordados na construção do conceito de espaço com o tema mediador em Astronomia.

A seguir, no quadro 3, são apresentadas as etapas de desenvolvimento deste módulo.

Etapas desenvolvidas no módulo de ensino	Sondagem inicial de interesse. Etapa nº 1 - Escalas astronômicas: Quão grande é o Universo. Etapa nº 2 - A massa do Universo. Etapa nº 3 - O espaço de Hubble. Etapa nº 4 - Hubble e a expansão do Universo. Etapa nº 5 – Conhecendo um pouco da vida e das contribuições científicas de Einstein . Etapa nº 6 – Entendendo a gravidade de Einstein. Etapa nº 7 – O Universo conhecido.

Quadro 3 – Etapas de desenvolvimento do módulo de ensino.

A etapa de sondagem inicial possui como objetivo estruturar a sequência dos tópicos do módulo de ensino, e foi realizada em um primeiro encontro composto por um debate e um questionário semiaberto, aplicado individualmente, que contempla vários elementos da física e astronomia. A partir destes foram levantados os aspectos e/ou conceitos iniciais que os alunos possuíam, tanto de natureza cotidiana de senso comum como de natureza científica.

As etapas de desenvolvimento do módulo de ensino apresentam uma estrutura lógica de conceitos a serem apropriados e estão organizadas conforme os pressupostos de Vygotsky presentes na fundamentação desta pesquisa. Os conceitos

a serem apropriados respeitam um grau de generalidade, assim como os sistemas simbólicos que vão sendo construídos no decorrer do estudo do módulo.

O estudo de desenvolvimento do Universo conhecido hoje, proporcionado pela etapa de nº 7, deve ser realizado a partir da apropriação dos significados no estudo do espaço de Hubble e a Expansão do Universo nas etapas de nº 3 e 4. Estes necessitam que os significados de Massa Solar, Raio Solar e Escalas Astronômicas, estudados nas etapas de nº 1 e 2, sejam apropriados. O estudo da gravitação segundo a Relatividade Geral, na etapa de nº 6, originada a partir de um modelo de Universo curvo, estudado na etapa de nº5, permite o entendimento da estrutura e do comportamento do Universo e será entendida após a apropriação dos significados das etapas de nº 1 a 4. A síntese dos conceitos após a realização das 6 primeiras etapas favorecem o estudo do Universo conhecido na etapa de nº 7.

Para a descrição simplificada das etapas do módulo de ensino, é apresentado o tempo de seu desenvolvimento, um breve relato contendo objetivos e ações e um resumo na forma de quadros, com os conceitos abordados, recursos de ensino utilizados em sala de aula e perguntas norteadoras das discussões promovidas durante os encontros. Ademais, são discriminados os conceitos científicos necessários para o estudo de cada etapa de desenvolvimento.

4.3.1 Etapa de sondagem inicial de interesse

Tempo de desenvolvimento: dois encontros, aproximadamente 240 min.

Objetivo: Conhecer os alunos e verificar seus interesses pelas atividades do módulo de ensino.

Ações: Foi realizada uma intervenção com fotografias impressas em formato de banner, criadas para o ano internacional da astronomia e pertencente ao acervo da Casa da Ciência (localizada anexa ao Instituto de Física – UFMS, é um programa de extensão que tem como objetivo difundir o conhecimento científico). Após essa intervenção, cujo objetivo foi conhecer e motivar os alunos para o desenvolvimento das etapas, foi entregue um questionário (APÊNDICE III) de interesse para ser respondido individualmente.

O questionário utilizado é composto por quinze (15) questões, das quais oito (8) são fechadas, com uma natureza estatística para destacar o interesse dos alunos pelos temas do módulo de ensino, e sete (7) abertas, com o objetivo de identificar os conhecimentos dos alunos acerca dos temas abordados nas etapas do módulo de ensino.

4.3.2 Etapa nº 1 - Escalas astronômicas: Quão grande é o Universo

Tempo de desenvolvimento: dois encontros, aproximadamente 200 min.

Objetivo: Descrever o quão grande é o universo, apresentando as métricas físicas para se medir distâncias em Astronomia.

Ações: Nesta etapa, os estudantes são envolvidos no contexto do estudo da Astronomia, e para tanto, se utiliza de diversas imagens e o software *stellarium* na apresentação de objetos celestes. Os alunos deverão se apropriar dos significados de distâncias astronômicas reconhecendo a grandeza do espaço a partir do entendimento no uso das unidades de medidas utilizadas em Astronomia, como o Anos Luz (LY) e a Unidade Astronômica (UA). Para tal, foi utilizada a apresentação de um vídeo do Universo conhecido e a construção de um modelo representacional da constelação do Cruzeiro do Sul. O vídeo proporciona a visualização, em escala, do tamanho do Universo reconhecido pelo ambiente científico e o modelo representacional apresenta uma percepção tridimensional da constelação observada no céu noturno, além do reconhecimento das distâncias presentes entre as estrelas, desmistificando a percepção plana do céu observado (GARCIA; CORRÊA, 2014).

É necessário que ocorra a apropriação dos significados dessa etapa para o estudo do espaço de Hubble e a expansão do Universo.

Conceitos abordados	Tamanho do Universo. Unidades de medidas astronômicas. Distâncias astronômicas
TICs utilizadas em sala	Vídeo: “O Universo conhecido” [1] Imagens: “Milk WAY-Nacional Geographic” [2] e “The Visible Universe” [3] Software: Stellarium [4] Definições: Unidades para medidas de distância utilizadas em Astronomia:

TICs utilizadas em sala	• UA – Unidades Astronômicas. [5] • AL/LY - Anos Luz/Light Years. [6] Atividade realizada: Representação da constelação do Cruzeiro do Sul.[7]
Perguntas norteadoras	Quais fenômenos visualizamos no vídeo? Quais distâncias foram observadas? Quanto elas representam para nós aqui na terra? Qual o tamanho do universo? Como obter uma medida de distância em Anos-Luz? Qual é a estrela mais próxima do nosso Sol?
TICs complementares	Documentários disponíveis no Youtube: • Grandes Mistérios do Universo – Morgan Freeman. • BBC: How big is the Universe/The Universe: How Big, How far, fast.
Fontes	[1] http://www.amnh.org/our-research/hayden-planetarium/digital-universe [2] http://asterisk.apod.com/viewtopic.php?f=29&t=20134&p=126630 [3] http://phl.upr.edu/press-releases/aplanetarysystemaroundournearestarise [4] http://www.stellarium.org/pt/ [5] www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap4-distancia/distancia.html [6] www.observatorio.iag.usp.br/index.php/mencurio/curiodefin.html [7] Fonte: http://www.sab-astro.org.br/Resources/Documents/caderno_v1.pdf

Quadro 4 – Elementos da etapa: “Escalas astronômicas: O quão grande é o universo”.

4.3.2 Etapa nº 2 - A massa do Universo

Tempo de desenvolvimento: dois encontros, aproximadamente 200 min.

Objetivo: Identificar a existência de estrelas com massa e raio solares diferentes do Sol e a distribuição de matéria no universo.

Ações: Nesta segunda etapa, os estudantes têm contato com os diferentes tipos de estrelas, a relação entre suas massas, raios solares, classificação espectral de cor e temperatura. Eles deverão se apropriar dos significados de Massa ($M_\odot$) e Raio ($R_\odot$) Solar para o estudo de algumas estrelas conhecidas. Para tal, foi utilizada a apresentação de um vídeo do tamanho de Planetas e Estrelas e o desenvolvimento de uma atividade de construção de um diagrama HR em massa e volume. O vídeo proporciona para os alunos a visualização, em escala, do tamanho de Planetas e Estrelas descobertos até hoje; as atividades de construção de uma diagrama HR em escala apresentam a distribuição de algumas estrelas conforme sua Massa e Raio Solar, além do reconhecimento da cor e posição conforme suas características físicas.

É necessário que ocorra a apropriação dos significados dessa etapa para o estudo e entendimento da gravidade de Einstein e do Universo conhecido.

Conceitos abordados	Massa solar (M☉). [1] Raio solar (R☉). [2] Classificação espectral estelar. [3] Diagrama HR de massa e raio solar. [4] Distribuição de massa no universo.
TICs utilizadas em sala	Vídeo: Tamanho de Planetas e Estrelas [5] Imagens: O Diagrama HR [6] e A evolução estelar [7] Atividade realizada: Construção de um diagrama HR em massa e volume.
Perguntas norteadoras	Qual a massa do universo? Todas as estrelas ou planetas são formados por matéria? Do que o espaço "vazio" é composto?
TICs complementares	Documentários disponíveis no Youtube: • History Channel - O Universo Matéria Escura Textos disponíveis on-line: • O enigma da matéria escura [8] • O conteúdo do universo [9]
Fontes	[1] http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap18-sol/sol.html [2] http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap18-sol/sol.html [3] http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/h/harvard+spectral+classification [4] http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm [5] http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/PlanetasEstrelas/ [6] http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap10.pdf [7] http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm [8] http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/o_enigma_da_materia_escura [9] http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/universo-atual.htm

Quadro 5 – Elementos da etapa: "A massa do universo".

4.3.3 Etapa nº 3 - O espaço de Hubble

Tempo de desenvolvimento: dois encontros, aproximadamente 200 min.

Objetivo: Apresentar as contribuições de Edwin Powell Hubble para o entendimento do Universo conhecido hoje.

Ações: Nesta 3º etapa, foi apresentada a biografia do Cosmólogo e Astrônomo Edwin Powell Hubble. Os estudantes conheceram um pouco da sua vida e suas contribuições para o desenvolvimento da ciência. Duas de suas contribuições serão objetos de estudo das etapas 3 e 4, a descoberta de um Universo Multigaláctico e de sua natureza expansiva. A primeira contribuição é apresentada nesta etapa e surpreende os alunos com um fato histórico de 1923, o qual Hubble ao utilizar um telescópio do Mount Wilson (Califórnia) descobriu que as "manchas nebulosas", observadas no céu noturno, eram

galáxias e não faziam parte da Via Láctea. Portanto, os alunos deverão se apropriar do conceito da grandeza de um Universo Multigaláctico e de sua relação de afastamento, a Lei de Hubble. Para tal, foi apresentado um vídeo e aplicado um roteiro de atividade. O vídeo produzido pelo telescópio Hubble apresenta a filmagem da oscilação da RS Puppis – Estrela Variável localizada na constelação da Popa; a atividade apresenta uma sequência de passos que une atividade prática manual e cálculos matemáticos para a dedução de uma equação que relaciona a velocidade e a distância das estrelas observadas por Hubble.

Conceitos abordados	Estrelas variáveis "Cefeidas". [1] O Redshift. [2] Galáxias em movimento.
TICs utilizadas em sala	Vídeo: Light echoes around RS Puppis (estrela variável) [3] Imagens: Estrelas Variáveis: Cefeidas (Evandro Martinez Ribeiro) [4] Cepheid variable [5] Atividade realizada: A constante de Hubble [6]
Perguntas norteadoras	Quem foi Edwin Powell Hubble? Quais foram suas contribuições para o desenvolvimento da Astronomia? Qual o comportamento do nosso universo? O universo é estático?
TICs complementares	Documentários disponíveis no Youtube: • Discovery Channel - Hubble: Segredos do Espaço. • Grandes Momentos da Ciência e Tecnologia - Hubble Textos disponíveis on-line: • O universo em expansão. [7]
Fontes	[1] http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap20-estrelas-variaveis/variaveis [2] http://www.telescopiosnaescola.pro.br/hubble.pdf [3] http://www.spacetelescope.org/videos/heic1323a/ [4] http://slideplayer.com.br/slide/349363/ [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Cepheid_variable [6] http://www.planetseed.com/pt-br/laboratory/experiencia-constate-de-hubble [7] http://www.planetseed.com/pt-br/sciencearticle/o-universo-em-expansao

Quadro 6 – Elementos da etapa: "O espaço de Hubble".

Para o estudo dessa etapa, o aluno utilizará do significado de medida de distância em Ano-luz, o qual foi desenvolvido nas etapas anteriores. Consequentemente, será necessário que ocorra a apropriação destes significados para a continuidade do estudo na próxima etapa e no entendimento do Universo conhecido.

4.3.4 Etapa nº 4 - Hubble e a expansão do Universo

Tempo de desenvolvimento: dois encontros, aproximadamente 200 min.

Objetivo: Apresentar as contribuições de Edwin Powell Hubble para o entendimento do Universo conhecido hoje.

Ações: Nesta 4º etapa, é apresentada uma segunda contribuição de Hubble, o qual em 1929, ao realizar o estudo do espectro de luz das Estrelas Variáveis, identificou que as galáxias estão em aproximação e afastamento, o que mais tarde contribuiu para evidenciar a expansão do Universo. Para tal, foi realizada uma leitura em grupo de um texto e aplicado um roteiro de atividade. O texto relata características do Universo estudado por Hubble e oportuniza a relação entre o afastamento das galáxias, a expansão do Universo e a existência de um início, o Big Bang; a atividade traz uma sequência de passos que une atividade prática manual e cálculos matemáticos para a dedução de afastamento entre as galáxias. Portanto, nesta etapa, os alunos deverão se apropriar do significado de velocidade expresso na Lei de Hubble e de um Universo Multigaláctico que agora está em expansão.

Conceitos abordados	A constante de Hubble. A lei de Hubble. [1] O Universo em expansão. [2]
TICs utilizadas em sala	Texto: O universo em expansão. [6] Aplicativo: Desenhe seu próprio Universo (SEED). [7] Imagens: Foto M31 histórica [3] Hubble eXtreme Deep Field [4] Atividade realizada: O Balão em Expansão [5]
Perguntas norteadoras	Quais suas contribuições para o desenvolvimento da Astronomia? Qual o comportamento do nosso universo? O universo é dinâmico? Como reconhecemos a expansão do universo?
TICs complementares	Documentários disponíveis no Youtube: • NOVA - Em Busca do Limite do Espaço • Edwin Powell Hubble e a Expansão do Universo Textos disponíveis on-line: • O Universo em expansão. [6]
Fontes	[1] http://www.if.ufrgs.br/oei/cgu/leihub/leihub.htm [2] http://www.on.br/ead_2013/site/conteudo/cap25-galaxias/galaxias.pdf [3] http://astro.if.ufrgs.br/galax/Hubble_V1.jpg [4] http://migre.me/oDB0c [5] www.planetseed.com/pt-br/laboratory/experiencia-o-balao-em-expansao

Fontes	[6] http://www.planetseed.com/pt-br/sciencearticle/o-universo-em-expansao [7] http://goo.gl/AWuZYB

Quadro 7 – Elementos da etapa: “Hubble e a expansão do Universo”.

Os alunos precisam ter se apropriado dos significados de Ano-luz, distribuição de massa do Universo e a Lei de Hubble, os quais o estudo foi realizado nas etapas anteriores, para o entendimento das contribuições trazidas por Hubble.

4.3.5 Etapa nº 5 - Conhecendo um pouco da vida e das contribuições científicas de Einstein

Tempo de desenvolvimento: dois encontros, aproximadamente 200 min.

Objetivo: Apresentar as contribuições de Albert Einstein para o entendimento do conceito de espaço na Física Moderna e Contemporânea.

Ações: Nas etapas de número 5 e 6, é apresentado um pouco da vida e da obra do físico teórico alemão Albert Einstein, e de suas contribuições para o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral. Para tal, foi proposta uma reflexão, quanto ao entendimento do espaço apresentado por Einstein, a partir da exibição do filme “Einstein e Eddington” e da construção de um modelo representacional da deformação do espaço na presença de grandes massas (GARCIA; CORRÊA, 2015). Portanto, foi iniciada uma conversa orientada por tópicos que se referem ao filme e apresentada as linhas de distorção do espaço visualizadas no modelo representacional, desmistificando a percepção clássica do espaço absoluto observado. Assim, os alunos iniciarão o estudo da próxima etapa com uma nova percepção do conceito de espaço, o apresentado pela Física Moderna e Contemporânea.

Conceitos abordados	Eclipse total. A deformação do espaço na presença de objetos massivos. O desvio da luz na presença de objetos massivos.
TICs utilizadas em sala	Vídeo: Einstein e Eddington (filme) - BBC [1] Foto: Carta sobre o desvio da luz. [2] Atividade realizada: Um modelo de deformação do espaço [3]
Perguntas norteadoras	Quem foi Albert Einstein? Quem foi Arthur Eddington? Quais foram suas contribuições na Física e na Astronomia?

Perguntas norteadoras	Quais fenômenos visualizamos no filme? O que estamos visualizando nessa atividade? O que a atividade representa? O que entendemos por gravidade?
TICs complementares	Documentários disponíveis no Youtube: • O tecido do cosmos – o espaço. • Albert Einstein – History Channel Textos disponíveis on-line: • Guia mangá relatividade, editora Novatec. [4] • O princípio da equivalência e a gênese da Relatividade Geral. [5]
Fontes	[1] http://www.hbo.com/movies/einstein-and-eddington#/ [2] www.einstein.unican.es/ae24.htm [3] http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0627-1.pdf [4] http://novatec.com.br/livros/mangarelatividade/ [5] http://www.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=16&pag=3

Quadro 8 – Elementos da etapa: "Conhecendo um pouco da vida, da obra e das contribuições científicas de Einstein".

O modelo de deformação do espaço se apresenta como requisito necessário para o estudo da próxima etapa, uma vez que ele destaca um novo comportamento para o "tecido do cosmos" e implica no estudo do conceito de gravitação apresentado por Einstein.

4.3.6 Etapa nº 6 – Entendo a gravidade de Einstein

Tempo de desenvolvimento: dois encontros, aproximadamente 200 min.

Objetivo: Apresentar as contribuições de Albert Einstein para o entendimento do conceito de Gravidade na Física Moderna e Contemporânea.

Ações: Nesta 6º etapa, foi realizado um estudo orientado pela leitura do Guia Mangá de Relatividade da editora Novatec, o qual apresenta os significados de Força Inercial e Princípio de Equivalência, necessários para o entendimento de Gravitação descrito na Relatividade Geral de Einstein.

Conceitos abordados	Força inercial. [1] Principio da equivalência. [2] O conceito de gravidade. Relatividade Geral.

TICs utilizadas em sala	Textos: Guia Mangá Relatividade, editora Novatec. [3] Atividade realizada: Tecido do espaço [4]
Perguntas norteadoras	O que entendemos por gravidade? O que é uma força inercial? O que é princípio da equivalência? O que Einstein diz sobre esses conceitos?
TICs complementares	Documentários disponíveis no Youtube: • O tecido do cosmos – o espaço. • Albert Einstein – History Channel Textos disponíveis on-line: • Guia mangá relatividade, editora Novatec. [5] • O princípio da equivalência e a gênese da Relatividade Geral. [6]
Fontes	[1] http://novatec.com.br/livros/mangarelatividade/ [2] http://novatec.com.br/livros/mangarelatividade/ [3] http://novatec.com.br/livros/mangarelatividade/ [4] http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0627-1.pdf [5] http://novatec.com.br/livros/mangarelatividade/ [6] http://www.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=16&pag=3

Quadro 9 – Elementos da etapa: “Entendo a gravidade de Einstein”.

A formação do conceito de gravidade, na relatividade geral, fundamenta-se em um modelo de espaço curvo (espaço deformado) originado na presença de grandes massas. O entendimento do significado de gravidade é ainda acrescido de dois outros significados: Força Inercial e Princípio da Equivalência. Portanto, as etapas de número 5 e 6 estão integralmente relacionadas e deverão compor no seu término a apropriação do significado de espaço curvo e de gravidade, descritos na Relatividade Geral de Einstein. É importante ressaltar que estes significados possibilitarão o entendimento da estrutura e do comportamento do Universo conhecido, abordado na etapa de número 7.

4.3.7 Etapa nº 7 – O Universo conhecido

Tempo de desenvolvimento: dois encontros, aproximadamente 200 min.

Objetivo: Busca-se unir os conceitos trabalhados nas etapas anteriores e, numa abordagem mais contemporânea, apresentar o Universo Visível conhecido e qual a interpretação científica mais aceita atualmente.

Ações: Com o auxilio de um painel da evolução do Universo, um panfleto impresso, vídeos e imagens, os alunos foram inseridos em uma exposição dialogada da representação das etapas de evolução do Universo, desde o Big Bang até o futuro do

Universo, apresentadas no livro Fascínio do Universo de Augusto Damineli e João Steiner. Esta exposição proporciona aos alunos a síntese dos estudos realizados nas etapas anteriores do módulo de ensino e a descrição do Universo conhecido hoje.

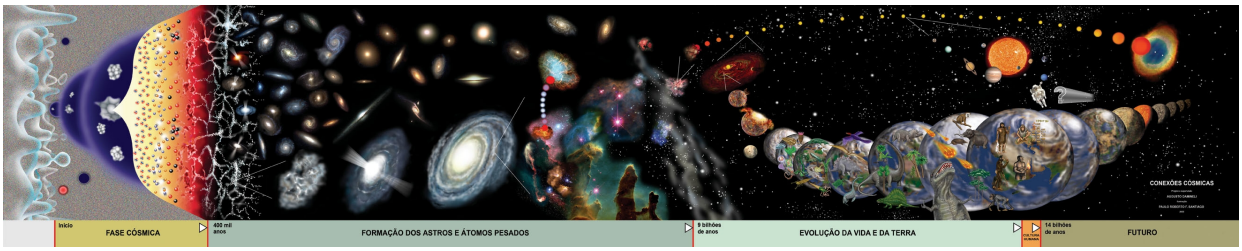

Figura 1 – Painel (1,5 m x 6,0 m) da evolução do Universo utilizado no encontro e apresentada no livro Fascínio do Universo de Augusto Damineli e João Steiner. Ele ilustra as principais fases de evolução do universo. Na figura, foi colocado alguns eventos marcantes, ao longo da linha do tempo.

Conceitos abordados	Big Bang, a grande explosão inicial A formação dos astros e dos átomos pesados A evolução da terra e da vida A cultura humana ou criação do "mundo virtual" O Futuro
TICs utilizadas em sala	Vídeo: NASA space video simulation of big bang theory forming a disk galaxy 13.5 million years old [1] Imagens: Painel impresso em tecido: Universo, Evolução e Vida. [2] Panfleto Universo em evolução – Ano internacional da Astronomia.[3]
Perguntas norteadoras	Qual a origem do Universo? Qual a idade do Universo? Como se formam as galáxias? Qual a origem da Terra? Qual a idade da Terra? Como se formou o Sistema Solar?
TICs complementares	Documentários disponíveis no Youtube: • From Nothing To Everything - How The Universe Works. • The First Second After The Big Bang - Universe Documentary 2014 Textos disponíveis on-line: • Fascínio do universo – Augusto Damineli. [4] • As 5 fases - Universo, Evolução e Vida. [5]
Fontes	[1] http://goo.gl/DDlrnB [2] http://www.astro.iag.usp.br/~damineli/evolucao/evolucao-zoom.htm [3] http://www.astro.iag.usp.br/~damineli/evolucao/evolucao-zoom.htm [4] http://www.astro.iag.usp.br/fascinio.pdf [5] http://www.astro.iag.usp.br/~damineli/

Quadro 10 – Elementos da etapa: “O Universo conhecido”.

Esta configuração em 7 etapas de desenvolvimento do módulo de ensino constitui uma sequência de atividades que proporcionam um roteiro de estudo para os estudantes e, para esta pesquisa, um caminho metodológico, no qual se pode avaliar a possível inserção de tópicos de Física Moderna e de Astronomia no nível médio. Para o professor/pesquisador deste trabalho, esta sequência de atividades possibilita realizar a aplicação e avaliação durante dois meses de desenvolvimento. A metodologia utilizada e a descrição dos elementos utilizados nas etapas de desenvolvimento encontram-se no caderno do produto educacional anexo a esta dissertação.

4.4 Coleta de dados

A coleta de dados realizada nesta pesquisa se fez pelo uso de questionários respondidos pelos estudantes no término de cada etapa de desenvolvimento. Segundo Gil (2006), o questionário possibilita atingir um grande número de pessoas, não expõe os pesquisados a nenhuma influência ou opinião do pesquisador/entrevistador e garante o anonimato das respostas.

Assim, o questionário utilizado possui questões do **tipo abertas**, nas quais apresenta-se a pergunta e deixa-se um espaço em branco para que o pesquisado escreva sua resposta sem qualquer restrição; questões do **tipo fechadas**, onde apresenta-se um conjunto de alternativas de resposta para que seja escolhida a que melhor representa sua opinião ou ponto de vista; e questões do **tipo dependentes**, onde uma questão depende da resposta da outra. É preciso garantir, nas questões do tipo fechadas, uma alternativa em que o pesquisado sempre se enquadre, e que não é vantajoso ter um questionário com muitas questões abertas, pois respondê-lo torna-se uma tarefa cansativa e frequentemente retornam questões em branco.

Assim, os questionários são compostos por 8 questões, sendo 7 do tipo aberta e 1 do tipo fechada, nas quais 3 se apresentam dependentes. As questões foram organizadas de acordo com a técnica do funil (GIL, 2006), segundo a qual cada questão deve se relacionar com a antecedente e apresentar maior especificidade.

As fotografias e atividades realizadas durante os encontros, tais como alguns desenhos e as ilustrações produzidas dos fenômenos visualizados nos modelos representacionais, fazem parte dos dados coletados e foram sujeitos à análise.

Os questionários utilizados para a coleta de dados foram previamente validados: nos encontros do CEP - *Ciências: Educação e Popularização*, grupo de pesquisa cadastrado no diretório de grupos de pesquisa do CNPq, o qual os pesquisadores deste trabalho são integrantes; pela aprovação no CEP - Comitê de Ética em Pesquisa, com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 34020014.0.0000.0021 e parecer nº 814.830 datado de 30 de setembro de 2014, através do sistema virtual da Plataforma Brasil, no qual o projeto da pesquisa e os questionários foram submetidos; e pelos pareceristas do III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA) e do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) no aceite dos artigos que compõe parte desta pesquisa.

4.5 Técnica de análise de dados

A análise de dados escolhida para essa pesquisa se fundamenta na Análise de Conteúdo (AC) de Laurence Bardin (BARDIN, 1988). Segundo a autora, a análise de conteúdo é conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos de descrição do conteúdo de mensagens.

> O emissor ou produtor da mensagem (…) pode ser um indivíduo ou grupo de indivíduos emissores (público). Com efeito, pode avançar-se a hipótese de que a mensagem exprime e representa o emissor. (…) Por consequência, o estudo da mensagem poderá fornecer informações relativas ao público (BARDIN, 1988, p. 134).

Assim, se busca informações a respeito dos pesquisados a partir da análise dos conteúdos coletados durante o desenvolvimento da pesquisa. Esta técnica exige a execução de três fases, apresentadas a seguir.

4.5.1 A pré-análise - 1º fase

A primeira fase é da organização propriamente dita e possui três missões: ***a escolha dos documentos*** que serão submetidos à análise, a ***formulação de***

hipóteses e dos objetivos e a ***elaboração dos indicadores*** que fundamentem a interpretação final. Bardin descreve que essas três missões não se comportam em ordem, mas sugere que a formulação de hipóteses e dos objetivos podem se originar dos documentos escolhidos para análise, e os indicadores, construídos em função das hipóteses e objetivos.

Inicia-se esta fase com a *escolha dos documentos*. Bardin descreve que existem regras para isso, mas que nem sempre todas se aplicam:

a) regra da exaustividade: uma vez definida o ***corpus*** (respostas do questionário) não pode haver seletividade e todos os questionários devem ser utilizados.

b) regra da representatividade: a análise pode ser efetuada numa amostra (não se aplica a essa pesquisa).

c) regra da homogeneidade: todos os documentos escolhidos devem pertencer ao mesmo tema pesquisado.

d) regra da pertinência: os documentos escolhidos como fonte dos dados devem ser adequados para a pesquisa.

A *formulação das hipóteses e dos objetivos* surgem a partir da explicação antecipada ou uma afirmação provisória do que nos propomos verificar. Segundo Bardin,

> Uma hipótese é uma afirmação provisória que nos propomos a verificar (confirmar ou informar), recorrendo aos procedimentos de análise. Trata-se de uma suposição cuja origem é a intuição e que permanece em suspenso enquanto não for submetida à prova de dados seguros. (…) as hipóteses nem sempre são estabelecidas quando da pré-análise. Algumas análises efetuam-se “as cegas” e sem ideias preconcebidas (BARDIN, 1988, p. 98).

Assim, considerando o material selecionado ou transcrito e as hipóteses formuladas, os dados coletados transformam-se em dados a serem explorados, os quais caracterizam a *preparação do material* descrita por Bardin.

4.5.2 A exploração do material - 2º fase

A segunda fase, descrita por Bardin, consiste em transformar o conteúdo, utilizando algumas **regras de codificação** (o recorte, enumeração, classificação), na

representação dos dados brutos, preparados na fase anterior, de forma que descrevam suas características para o pesquisador. Bardin diz que “a codificação compreende a escolha de unidades de registro e unidades de contexto, a seleção de regras de contagem e a escolha de categorias”.

A codificação é organizada por três fases: o **recorte**, a **enumeração** e a **classificação**. O *recorte* consiste na escolha das unidades de registro, segmento de conteúdo a considerar visando a categorização, e de contexto, segmento da mensagem que possa compreender a unidade de registro.

A *enumeração* é o modo de contagem das unidades de registro e pode ser realizada considerando sua **presença**, frequência, frequência ponderada, intensidade, direção, ordem ou co-ocorrência.

A *classificação* é um processo muito utilizado em análises qualitativas, definido como uma operação de classificação de elementos de um conteúdo na escolha de categorias (categorização). O critério para categorização de elementos presentes no conteúdo das respostas dos alunos utilizado nesta pesquisa será do tipo ***semântico***, definido por Bardin (1988) como categoria temática, por exemplo, estarão na categoria “Ansiedade” todas respostas que se apresentam com característica de ansiedade. Um conjunto de categorias deve possuir as seguintes qualidades: a exclusão mútua, a homogeneidade, a objetividade e a fidelidade, a pertinência e a produtividade. A classificação, realizada com os dados desta pesquisa, utiliza da ***análise de respostas a questões abertas*** e de uma **tabela de dupla entrada** que relaciona a percepção dos alunos (relações psicológicas) com os objetos de estudo (objetos de referência) em cada etapa de desenvolvimento do módulo de ensino (BARDIN, 1988, p. 59).

4.5.3 O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação - 3º fase

Nesta fase, o **tratamento dos resultados** proporciona o que Bardin (1988), chama de **inferência**, ou seja, a interpretação controlada. Para isso, a autora utiliza de mecanismos clássicos da comunicação: a mensagem (discursos ou representações dos alunos), o canal como meio ou suporte material da mensagem (questionários e relatórios), o receptor e o emissor. As **interpretações** que utilizam da inferência buscam sempre o que se esconde sob o conteúdo analisado.

Em outras palavras, o tratamento de resultados, a inferência e a interpretação constituem, na análise de conteúdo, o instrumento de indução para se investigar causas a partir de efeitos e interpretar informações presentes no corpus escolhido.

A análise de conteúdo lida com “vestígios” originados no desenvolvimento das atividades que proporcionaram os dados. Para esta pesquisa, estes vestígios caracterizam as contribuições da sequência de atividades que compõe o módulo de ensino na apropriação de significados ligados ao conceito de espaço físico na relatividade geral. Assim, busca-se evidências dos significados apropriados pelos alunos na relação com os conhecimentos identificados na sondagem inicial e os desenvolvidos durante o módulo de ensino.

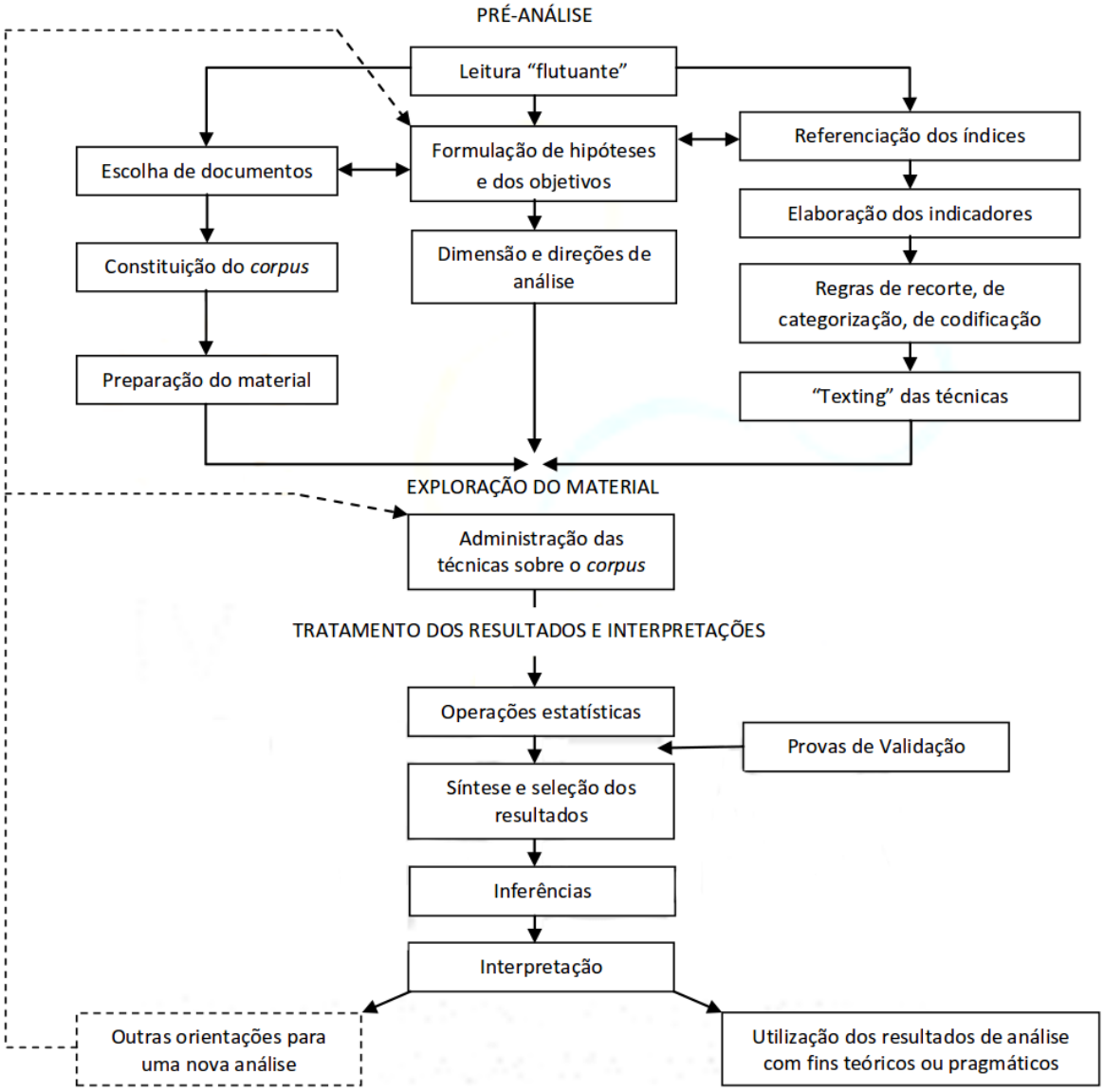

Figura 2 – Representação do método de análise de conteúdo (BARDIN, 1988, p. 102).

5 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Para a análise do conteúdo, realizamos a *leitura flutuante* dos documentos, que trouxe duas implicações na organização dos dados.

Como primeira implicação, definimos o *corpus* com 53 questionários, pois 10 dos 63 respondidos foram descartados pela ausência de 70% das respostas. No total, consideramos 292 questões abertas, 53 questões fechadas, 52 ilustrações pertencentes aos questionários, 4 roteiros de atividades (referente a 3ª etapa de desenvolvimento), 8 relatórios do filme (referente às atividades da 5ª etapa de desenvolvimento) e 4 ilustrações produzidas em cartazes (referente as atividades da 7ª etapa de desenvolvimento).

A segunda implicação, conforme a *regra da homogeneidade*, nos permitiu dividir a análise dos questionários em temas de foco investigativo. No quadro 11, indicamos sua organização.

A característica dos alunos, o interesse de estudo e as concepções manifestadas.	Questionários da sondagem inicial de interesse.
Temática 1 – O estudo das escalas astronômicas e de quão grande é o Universo.	Etapa nº 1 do módulo de ensino
Temática 2 – O estudo da massa e raio solar com relação a massa do Universo.	Etapa nº 2 do módulo de ensino
Temática 3 – O estudo do Universo de Hubble.	Etapa nº 3 e 4 do módulo de ensino
Temática 4 – O estudo das contribuições científicas de Einstein para o entendimento do espaço.	Etapa nº 5 e 6 do módulo de ensino
Temática 5 – O estudo do Universo conhecido.	Etapa nº 7 do módulo de ensino

Quadro 11 – Temáticas de investigação e etapas de desenvolvimento do módulo de ensino.

Em cada etapa de desenvolvimento do módulo de ensino representamos uma temática de investigação para a análise de conteúdo. Ressaltamos que as etapas 3 e

4, 5 e 6, trazem o mesmo tema de estudo e foram avaliadas por um único questionário, sendo a escolha das temáticas vinculada à produção do módulo de ensino e condizente com a fundamentação teórica e metodológica adotada.

Organizamos a análise de conteúdo de cada temática de investigação conforme a distribuição das questões pertencentes aos questionários. A seguir, descrevemos a distribuição das questões, que se mantiveram a mesma para todas as temáticas, descritas no quadro 11. As questões de nº :

- 1, 2 e 3 foram consultivas e igualmente presentes em todos os questionários. Nelas identificamos quem são os alunos, os conceitos e os objetos de estudo de maior interesse:

  Questão nº 1 – A identificação do aluno,

  Questão nº 2 – "Dos conceitos que estudamos essa semana, qual(is) você gostaria de rever?",

  Questão nº 3 – "Das afirmações abaixo, escolha duas que você tem maior interesse em estudar com profundidade. Por quê?";

- 4 e 5 foram descritivas e serviram para verificar os tópicos estudados durante o desenvolvimento da etapa, a seguir ilustramos uma situação exemplo relativo à etapa nº 1:

  Questão nº 4 – "O que é ano-luz (a.l.)? Como é utilizada na astronomia?",

  Questão nº 5 – "O que é unidade astronômica (u.a.)? Como é utilizada na astronomia?";

- 6 e 7 foram aplicações elaboradas para verificar os conceitos abordados durante a etapa de desenvolvimento do módulo de ensino, a exemplo da etapa nº 1:

  Questão nº 6 – "Se a terra tivesse o tamanho de um grão de areia, qual seria o tamanho do nosso Universo? Explique.",

  Questão nº 7 – "Represente abaixo, através de um desenho ou esquema, os conceitos estudados nesta semana. Comente a sua representação".

Assim, escolhemos esta organização para facilitar as interpretações referentes aos interesses dos alunos e a apropriação dos significados, destacados nas etapas de desenvolvimento no item 4.3.

Apresentaremos, no subitem a seguir, a análise feita a partir do questionário de sondagem inicial de interesse, objetivando descrever as características dos alunos, o

interesse de estudo e as concepções iniciais acerca dos conceitos que foram abordados nas etapas de desenvolvimento do módulo de ensino. Em sequência, apresentaremos a análise de conteúdo das temáticas de investigação organizadas conforme descrito acima.

5.1 Sondagem inicial de interesse

5.1.1 As características dos alunos

As questões de números 1 a 3 foram elaboradas para a identificação do aluno. Dos 20 alunos que responderam os questionários, 64% são mulheres e 36% são homens. São estudantes do 1ª, 2ª e 3ª série do ensino médio e se encontram na faixa etária de 14 a 17 anos.

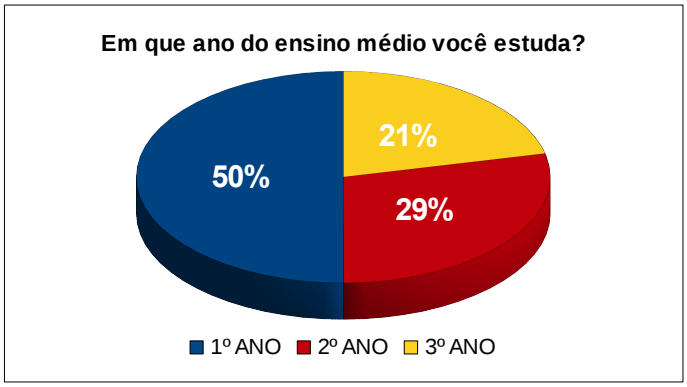

Gráfico 1 – Distribuição dos alunos quanto ao ano de estudo.

Para Vygotsky (1991), *"um aprendiz experiente pode dividir seu conhecimento com um aprendiz menos avançado"*. A heterogeneidade do grupo de alunos que participaram do módulo de ensino, corrobora com essa contribuição social apresentada pelo autor.

As questões de número 4 e 5 foram elaboradas para identificar se existe a abordagem, na sala de aula ou no ambiente escolar, de conteúdos relacionados a Astronomia e Física Moderna e se os alunos buscam por esses conhecimento. Cerca de 29% dos alunos informaram que as atividades realizadas em sala de aula proporcionam situações de aprendizagem em Astronomia e Física Moderna.

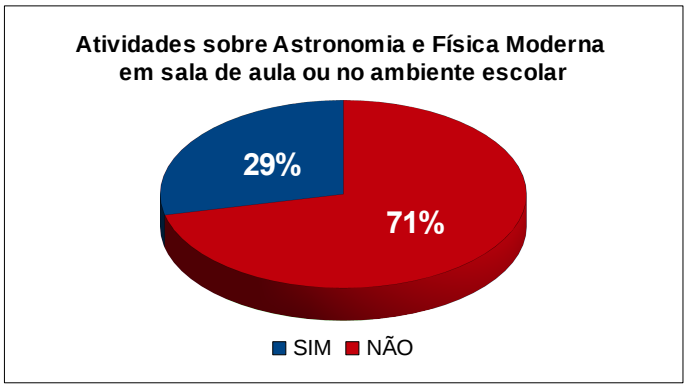

Gráfico 2 – Abordagem de Astronomia e Física Moderna em sala de aula ou no ambiente escolar.

Cerca de 21% dos alunos buscam com frequência conhecimentos sobre Astronomia e Física Moderna.

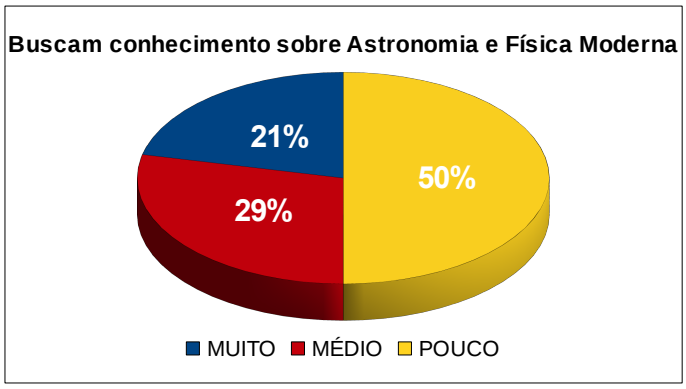

Gráfico 3 – Julgamento dos alunos relacionado ao seu conhecimento em Astronomia e Física Moderna.

As questões de número 6 e 7 foram elaboradas para identificar a frequência com que os alunos participam de atividades ou ações em sala de aula que promovam interações e colaborações entre os colegas.

Gráfico 4 – Abordagem de Astronomia e Física Moderna em sala de aula ou no ambiente escolar.

Todos os alunos informaram que as atividades em sala de aula promovem interações e colaborações entre os colegas, mas 21% descreveram que não se reúnem em grupos para realizar estas atividades.

5.1.2 O interesse de estudo e as concepções manifestadas pelos alunos

A questão de número 8 foi elaborada para uma consulta a temas previamente estabelecidos, nos quais os alunos deveriam quantificar o grau de interesse com (1) para pouco e (4) para muito. A resposta a essa pergunta é apresentada na tabela 2 e destaca a porcentagem de escolha para cada tema listado.

8. Assinale as questões abaixo quanto ao seu interesse de estudo:	**POUCO → MUITO**			
	1	**2**	**3**	**4**
1. As estrelas, os planetas e o Universo.	0	1	1	**12**
2. Quanta massa existe no universo?	0	2	7	5
3. A quanto tempo o universo existe?	0	0	3	**10**
4. Atividades manuais (desenhos, corte e cole e experimentos).	1	2	2	**9**
5. Personalidades da ciência (Newton, Einstein e Hubble).	1	2	5	5
6. Qual a sensação de viver sem peso no espaço.	0	1	4	**9**
7. Documentários científicos.	0	4	7	3
8. Atividades em grupo.	0	4	5	5
9. Estudar a Relatividade Geral de Einstein.	0	3	6	5
10. Entender a deformação do espaço.	0	0	3	**11**
11. Qual o tamanho do universo?	0	1	3	**10**
12. Filmes sobre a história da ciência.	0	5	3	6
13. Cientistas famosos e suas vidas.	1	7	5	1
14. Escalas astronômicas.	0	1	**8**	4
15. Foguetes, satélites e viagens espaciais.	0	0	2	**12**
16. Os instrumentos ópticos e como funcionam(telescópios, lunetas, etc).	0	0	2	**12**
17. Porque as estrelas brilham e o céu é azul	0	1	4	**9**
18. Porque conseguimos ver o arco-íris.	0	3	5	6
19. Erros e fracassos em pesquisas e nas invenções.	0	2	7	5
20. Como caminhar orientado pelas estrelas.	0	1	3	**10**
21. Eletricidade, como é produzida e usada nas nossas casas.	2	3	6	3
22. As invenções e descobrimentos recentes da ciência e da tecnologia.	1	3	6	4
23. Os buracos negros, as supernovas e outros objetos do espaço.	0	0	2	**12**

Tabela 2 – Nível de interesse em temas preestabelecidos na sondagem inicial.

As questões de número 9 a 15 foram elaboradas com o objetivo de comporem uma sondagem inicial dos conhecimentos acerca dos principais temas apresentados durante o módulo de ensino.

As respostas da **questão 9**, quando os alunos foram questionados do quão grande acreditam que o Universo seja, em sua maioria, possuíam termos como: “infinito”, “infinitamente grande” e “amplo”. Respostas mais elaboradas apresentavam algumas relações lógicas, conforme podemos verificar abaixo:

*“Tão grande que **não possa calcular**.”*
*“Imenso porque **olhando para o céu** não se vê um **fim**.”*
*“Bom, eu acredito que o universo seja bem **grande**, que possam existir **várias galáxias**, e que nós não sabemos de praticamente nada.”*
*“O **quão grandioso for o céu**, pois ele (universo) está **acima de todo o céu**.”*

Nota-se a indicação do tamanho do universo em descrições que utilizam cálculos ou medidas, assim como descrevem orientação, no qual o universo se encontra localizado acima do céu. Não foram identificadas nas respostas descrições do tamanho do Universo com base em alguma unidade de medida, objeto de estudo da 1ª etapa de desenvolvimento do módulo de ensino.

A **questão 10** solicita que o aluno explique o que é espaço em uma “perspectiva astronômica”. O objetivo da inserção desta perspectiva ocorre para que não sejam produzidas respostas que inviabilizem a análise por apresentarem um viés clássico e/ou cotidiano. As respostas descreveram, em sua maioria, o espaço como um local que possui planetas, luas, estrelas, objetos espaciais e uma beleza extrema. Esta descrição é fornecida por ambientes de divulgação científica, na grande maioria difundido pelas diversas mídias, e está relacionada a uma percepção cotidiana sobre o Universo.

As transcrições abaixo descrevem o entendimento de espaço como uma relação de preenchimento:

*“Espaço é onde os astros (estrelas, planetas e etc) se localizam, dentro de suas galáxias, onde estamos. **O espaço é um enorme vácuo**, onde existem concentrações de massa, galáxias e universos.”*
*“**É o que resta do Big Bang**, todas as sobras de estrelas que se apagaram, planetas.”*
*“O espaço é um conjunto de galáxias, e cada qual em seu respectivo quadrante. Também **alguns tipos de matérias**.”*
*“**Espaço é o local onde vivem** qualquer objeto(massa) que ocupa lugar no espaço, ou seja, as estrelas, etc.”*

Ainda que também sejam apresentadas descrições que corroboram com a percepção cotidiana sobre o universo, estas respostas trouxeram informações que descrevem o espaço como um local de preenchimento entre galáxias, estrelas e concentrações de massa. Em particular, uma das respostas cita a existência de alguns tipos de matérias, mas nada que se assemelhe a composição e distribuição de matéria no universo, objeto de estudo da 2º etapa de desenvolvimento do módulo de ensino.

Quando os alunos foram interrogados acerca do seu entendimento de gravidade, na **questão 11**, as respostas encontradas faziam relação ao conceito de uma força direcionada para o centro da Terra. Também foram identificadas algumas analogias com relação ao núcleo da Terra e a algo que não permita as pessoas flutuarem.

A "**questão 12** – o que você entende por tecido do espaço (espaço-tempo)?*",* gerou uma sensação de expectativa e interesse nos alunos acerca do que seria o tecido do espaço, dado que muitos esperavam respondê-la ao final do "*curso*". Verifica-se estas relações nas transcrições das respostas abaixo.

*"Não sei o que pode ser, acredito que com estes **encontros** vou **aprender** o que é um "**tecido do espaço**"."*

*"O que seria um **tecido do espaço**? Talvez poderia **responder** essa pergunta **no final** do curso."*

*"Nada, ao **decorrer do curso** pretendo **responder**."*

A **questão 13** se apresentava com uma relação de dependência acerca das respostas referentes a questão 11, pois os alunos eram questionados se a massa influencia no entendimento do que é gravidade. Muitas repostas defendiam a existência da gravidade a partir da presença de massa, em uma relação de dependência.

*"**Sim**, porque a **gravidade atua sobre as massas**."*

*"**Sim**, pois massa está envolvida nessa relação, **pois gravidade = puxar / massa = ocupa o espaço**."*

*"**Sim**, pois **uma depende da outra** eu acho, por exemplo, se quisermos saber qual a gravidade de uma planeta, precisamos saber sua massa."*

*"**Sim**, porque **gravidade é uma força de atração entre massas**."*

*"**Sim**, para existir a **força gravitacional** você **precisa ter massa**."*

O entendimento de gravidade com relação a massa, expresso pelos alunos, pertence a uma concepção na qual a massa atrai massa com uma força de atração gravitacional inversamente proporcional ao quadrado da distância, o que indica uma influência direta das aulas de física clássica na sua formação escolar. Não foram identificados concepções relacionadas ao conceito de gravidade que se adéquem a concepção moderna da física.

Na **questão 14**, os alunos foram questionados acerca da influência da massa no entendimento do que é espaço. Eles não descreveram a relação entre os significados e/ou reescreveram o seu entendimento de espaço (questionado na questão 10), porém evidenciaram a compreensão da influência da massa no entendimento de espaço. Algumas respostas descreveram relações entre os significados:

*"Sim, pois **ocupa algum lugar** nesse espaço"*
*"Em parte sim. O espaço não é feito de massas, mas **contém massas dentro dele**."*
*"Sim, pois **se ela interfere na gravidade** consequentemente **influenciará no espaço**."*
*"Sim. Não diretamente no espaço, mas **no que há nele**."*

A **questão 15** questiona os alunos sobre o surgimento do Universo. Muitas respostas foram construídas a partir de crenças religiosas, porém as mesmas destacam uma expectativa de se conhecer a explicação científica no estudo das etapas do módulo de ensino. Ademais, algumas respostas apresentavam os termos: "*Big Bang, explosão, teoria científica",* porém nenhuma descrição foi indicada acerca destes fenômenos.

Os alunos manifestaram interesse no estudo de Astronomia e Física Moderna. Cerca de 29% deles informaram que existe esta abordagem no ensino regular ou ambiente escolar, provavelmente originado de contextualizações em sala de aula ou pela falta de percepção, durante o preenchimento do questionário, na diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna. Todos os alunos manifestaram se identificar com iniciativas que promovem interações e colaborações entre os colegas, reforçando o uso da metodologia realizada durante os encontros.

Nota-se, na consulta de interesse da questão de número 8, que os itens classificados como interessantes referem-se a objetos de estudo da Astronomia, justificando assim sua inserção nesta pesquisa e de acordo com caráter motivador e interdisciplinar desta ciência descrito por Langhi e Nardi (2012).

As concepções dos alunos, quando solicitamos que respondessem o que era espaço, poderiam ser interpretadas a partir da concepção moderna da física, porém não identificamos nas respostas indicadores que confirmassem esse entendimento. Destacamos que esta reflexão e as obtidas das demais questões confirmam que os entendimentos de física apresentados pelos alunos na terceira parte do questionário da sondagem inicial são pertencentes à física clássica.

Esta sondagem serviu como uma verificação do conhecimento que os alunos possuíam e para a descrição da análise de conteúdo nas temáticas de investigação.

5.2 Temática 1: O estudo das escalas astronômicas e de quão grande é o Universo

Descrevemos nesta análise da temática os dados referentes obtidos no estudo das escalas astronômicas e de quão grande é o universo. Apresentamos na tabela 3 a consulta de interesse referente aos conceitos e/ou objetos de estudo nessa etapa. Obtivemos os indicadores a partir das respostas das questões de nº 2 e 3 pertencentes aos questionários respondidos no término da etapa de nº 1, nas quais as Unidades de Registro identificadas representam os significados descritos pelos alunos e as Unidades de Contexto fornecem a relação psicológica de interesse. Este processo é caracterizado pela segunda etapa da Análise de Conteúdo (BARDIN, 1988), e foi apresentado em detalhes, com as transcrições das respostas e identificação da Unidades de Registro e de Contexto, no anexo I.

Escolhemos as categorias "Conceitos Estudados" (Medidas de distância, Corpos Celestes, Grandeza do Universo e Modelos representacionais) e "Relações Psicológicas de Interesse" (Interessante, Motivador, Prazeroso, Compreensível, Fascinação e Facilitador) conforme os indicadores pertencentes às respostas dos questionários. Segundo Bardin:

> […] como categoria temática, por exemplo, estarão na categoria "Ansiedade" todas respostas que se apresentam com característica de ansiedade (BARDIN, 1988).

Tabela 3 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 1º etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.

Conceitos estudados	Relações psicológicas de interesse						Total
	Interessante	Motivador	Prazeroso	Compreensível	Fascinante	Facilitador	
Medidas de distância	2	2	0	0	2	0	6
Corpos celestes	2	4	2	0	3	1	12
Grandeza do Universo	3	4	2	3	3	1	16
Modelos representacionais	3	3	2	3	4	2	17
Total	10	13	6	6	12	4	.

Identificamos 25 indicadores que descreveram o estudo dos conceitos dessa etapa como motivadores e fascinantes, concentrando suas escolhas de interesse

nestas duas categorias. Os conceitos estudados descritos como de maior interesse foram a “grandeza do Universo” e os “modelos representacionais”, com 16 e 17 indicadores presentes nas respostas dos questionários, respectivamente. Esta indicação reforça a utilização dos modelos representacionais como auxílio para a abordagem dos conceitos de FMC e da Astronomia nesta etapa.

As respostas das questões de nº 4 e 5 apresentaram a identificação, pelo alunos, dos significados abordados durante a etapa de nº 1. Agrupamos estas informações na tabela 4 e descrevemos a quantidade de respostas que “identificaram” ou “identificaram e correlacionaram” estes significados.

Classificamos as respostas que descreveram o Ano-luz (AL) e a Unidade Astronômica (UA) como uma medida de distância (Unidade de Registro) e na “identificação do significado”. Classificamos as respostas que relacionaram essa medida com a distância que a luz percorre no período de um ano ou com outra referência de distância (Unidade de Contexto) como indícios de “identificação e correlação do significado”. As transcrições completas das respostas e das Unidades de Registro e de Contexto estão apresentadas no anexo I.

Tabela 4 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, das questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 1ª etapa.

Questão de referência	Identificação e correlação dos significados		
	Identificaram	Identificaram e correlacionaram	Não identificaram
Questão nº 4 – O que é ano-luz (a.l.)? Como é utilizada na Astronomia?	10	7	0
Questão nº 5 - O que é unidade astronômica (u.a.)? Como é utilizada na Astronomia?	5	3	9
Total	15	10	9

Os alunos indicaram significado para “Ano-luz” e “Unidade Astronômica”, sendo que 7 e 3, respectivamente, mostram correlacioná-los no contexto da astronomia. Dez alunos evidenciaram identificar e correlacionar os significados, pois parecem reconhecer as unidades de medidas e saber aplicá-las em um contexto diferente daquele atribuído na interação dos encontros, 15 alunos não souberam correlacionar, por isso necessitam de ajuda para completar a tarefa e 9 não conseguiram descrever os significados. Assim, os alunos que identificaram e correlacionaram corretamente os

termos “Ano-luz” e “Unidade Astronômica” possuem como conhecimento internalizado os signos que os representam e conceituam.

Observamos em algumas respostas referentes às questões de nº 4 e 5, que os indicadores apresentam a identificação e correlação dos significados de AL e UA.

Questão nº 4.

(A4) “É a ***unidade de medida*** *na astronomia*, e a ***distancia*** *que a* ***luz*** *percorre no vácuo em* ***365 dias*** *terrestres.*”

(A5) “É a ***distância*** *da estrela até a Terra*. É *utilizada para* ***medir***. É o tempo que a luz percorre.”

(A8) “Usada para *medir* ***distância*** *de estrelas ou planetas*.”

(A10) “Uma ***unidade de medida****, utilizada para calcular a distância*, tipo a luz chega em um lugar e a gente calcula a distância.”

(A18) “É a ***distância*** *que a luz percorre durante* ***um ano***.”

Questão nº 5.

(A4) “É a ***distância*** *da Terra até o Sol*.”

(A5) “É a ***distância*** *da Terra ao Sol*.”

(A8) “*Medida de* ***distância****, por exemplo, ano-luz...*”

(A10) “É o tipo de “medição”, utilizada para *medir as* ***distâncias***, como por exemplo, distância da Lua.”

(A18) “*Medir* ***distâncias***, temperaturas, enfim medir tudo na astronomia.”

Os alunos A4 e A18, na questão de nº 4, identificaram AL como uma unidade de medida de distância e correlacionaram com aquela percorrida pela luz no período de um ano. Já os alunos A5, A8 e A10 apenas identificaram o significado de AL como unidade de medida de distância. Na questão de nº 5, os alunos A4 e A5 identificaram e correlacionaram o significado de UA como a distância da Terra ao Sol, diferentemente dos alunos A8, A10 e A18 que identificaram a medida, porém não souberam correlacionar.

Apresentamos na tabela 5 a verificação de respostas das questões de nº 6 e 7, na qual expomos o aluno a um problema que deverá solucionar e solicitamos uma representação dos significados estudados durante esta etapa.

Tabela 5 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 1ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.

Questão de referência	Os alunos solucionaram o problema e representaram os conceitos?	
	Sim	Não
Questão nº 6 – Se a Terra tivesse o tamanho de um grão de areia, qual seria o tamanho do nosso Universo? Justifique sua resposta.	12	5
Questão nº 7 – Represente abaixo, através de um desenho ou esquema, os conceitos estudados nesta semana. Após, comente sua representação.	13	4
Total	25	9

Observamos na tabela que 12 e 13 alunos, respectivamente, evidenciam se apresentar em um **nível de desenvolvimento real** em relação ao conhecimento de escalas astronômicas, pois souberam resolver o problema da questão de nº 6 e realizaram as representações relevantes dos tópicos abordados durante esta etapa, conforme solicitamos na questão de nº 7. Ademais, 9 alunos indicam que tiveram dificuldades ou não souberam responder as questões e, portanto, se apresentaram em um **nível de desenvolvimento potencial**.

Identificamos nas respostas classificadas como "Sim" indicadores de **unidades de registro** e *unidades de contexto* que apresentam relações lógicas de comparação do tamanho do Universo e representações relevantes dos tópicos abordados durante os encontros. A seguir, apresentamos algumas respostas dos alunos.

Questão nº 6.

(A7) "*O **Universo** teria o **tamanho do Sol**,* pois é a melhor representação do tamanho nessa dimensão."

(A8) "Talvez *não poderia ser **visto** mais a **olho nu**, mas por **radiação***."

(A9) "*Do tamanho de um **planeta***."

(A10) "Não respondeu."

(A11) "*Milhares de **morros de areia***, pois a ***Terra** não é nada comparada ao **universo***."

(A14) "*Seria **infinito*** do mesmo jeito, pois a ***terra** comparada ao **universo** é muito pequena."*

(A16) "Se nós praticamente *não sabemos o **tamanho** do nosso **universo*** atualmente ***imagina** saindo de um grão de areia."*

Os alunos A7 e A9 descreveram um tamanho específico para o nosso universo, "do tamanho do Sol e de um planeta", caso o tamanho do planeta Terra equivalesse ao

de um grão de areia. Assim, notamos que parece haver o entendimento dos alunos em relação ao diminuto tamanho da Terra ao ser comparado com nosso Universo. O aluno A11 evidenciou apresentar o mesmo entendimento dos demais, porém utilizou como medida de comparação um grão de areia, tamanho da Terra descrito no enunciado da questão. As respostas dos alunos A14 e A16 expressam a mesma relação de grandeza descrita pelos demais, porém não arriscam definir um tamanho exato para comparação. Já os alunos A8 e A10 não souberam resolver o problema ou descrever uma comparação entre os tamanhos.

Obtivemos dezesseis representações da questão de nº 7, das quais apresentaremos quatro na figura 3.

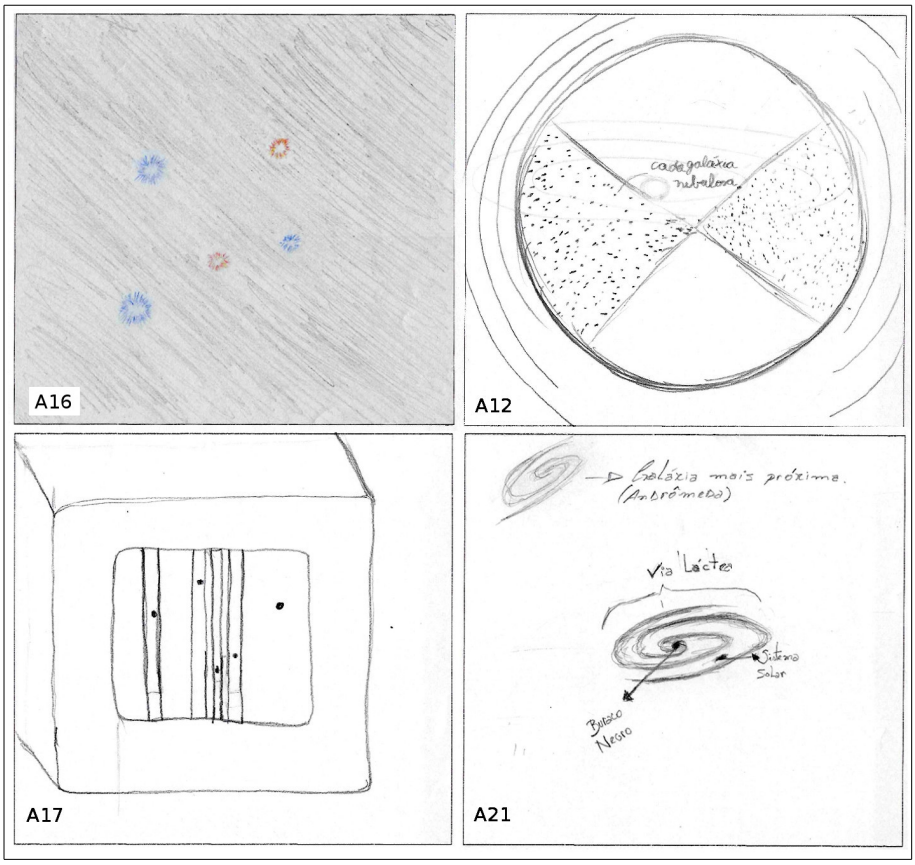

Figura 3 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 1.

Observamos que os alunos nas representações da figura 3, demonstraram ter conhecimento internalizado sobre Galáxia, Estrelas e Constelações, uma vez que ilustraram alguns destes objetos nos desenhos. A representação A21 traz a identificação das galáxias “Via Láctea” e Andrômeda, a localização do sistema solar e um buraco negro como elemento central da nossa galáxia. O universo visível representado pelo desenho do aluno A12 indica os pontos marcados como sendo cada

galáxia ou nebulosa. Assim, inferimos que ambos os alunos, A12 e A21, evidenciaram apresentar conhecimento internalizado sobre a grandeza do Universo em sua dimensão quando comparado ao nosso planeta, sistema solar ou até mesmo a nossa galáxia (Via láctea).

Os alunos A14 e A17 representaram um conjunto de estrelas organizadas que se assemelham à constelação do Cruzeiro do Sul. Destacamos diferenças nas representações realizadas entre A16, que representou a constelação observada em nosso céu noturno, e o A17, que trouxe elementos adicionais caracterizando através do desenho a ilustração do modelo representacional construído nessa etapa do módulo de ensino.

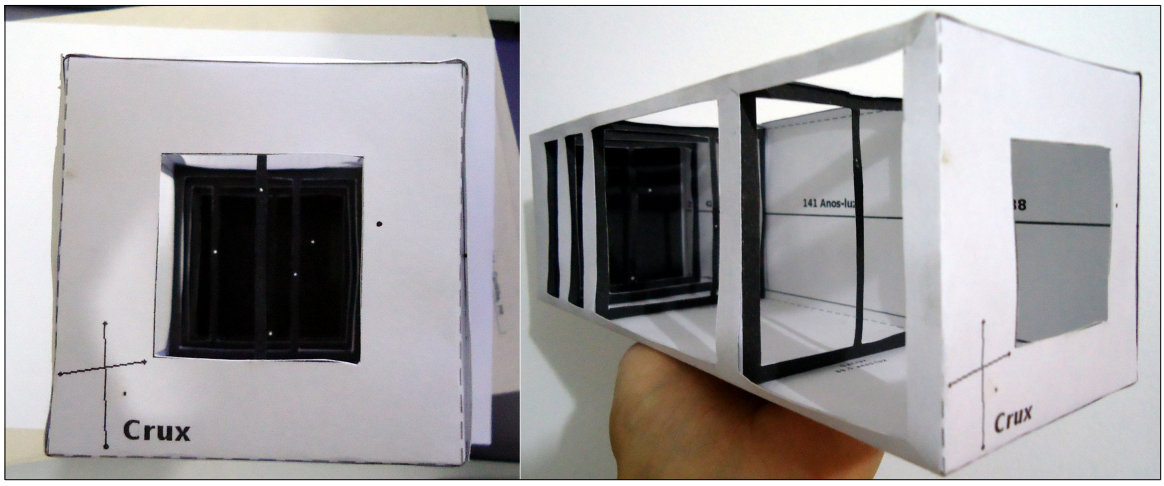

Figura 4 – Modelo representacional da constelação do Cruzeiro do Sul, como atividade realizada na etapa de nº 1.

O modelo representacional da Constelação do Cruzeiro do Sul, observado na figura 4, proporcionou a visualização em profundidade das estrelas pertencentes à constelação, desmistificando a visão planar de sua observação direta no céu noturno. Assim, o aluno A17, ao desenhar o modelo representacional mostrado na figura 3, indica que possui como conhecimento internalizado a percepção tridimensional das constelações presentes em nosso céu noturno. O seu discurso, relacionado à descrição da sua representação na questão de nº 7, destaca a percepção tridimensional que o equipamento proporciona ao visualizar as estrelas e, portanto, corrobora com a inferência realizada acima.

(A17) "A visualização *no* ***equipamento*** *criado pode* ***visualizar*** *as estrelas as constelações* ***em 3D*** como uma foto *que se* ***ve plano*** *mais em* ***3D***."

Para Vygotski (1991), a linguagem gráfica tem como base a linguagem verbal, portanto, as ilustrações apresentadas pelos alunos, decorrem dos conhecimentos internalizados no estudo de cada etapa do módulo de ensino.

5.3 Temática 2: O estudo da massa e raio solar com relação a massa do Universo

Conforme organizamos a análise das temáticas, apresentamos na tabela 6, os dados obtidos a partir da consulta de interesse aos alunos, realizada pelas questões de nº 2 e 3, em relação aos conceitos estudados durante esta segunda etapa do módulo de ensino. As unidades de registro obtidas na análise das respostas apresentaram os seguintes indicadores como subcategoria: “fenômenos estelares”, “digrama HR”, “unidade de medidas para classificação estelar” e “características estelares”. As unidades de contexto definiram as relações psicológicas de interesse como: “interessante”, “motivador”, “prazeroso” e “compreensível”. Destacamos que as diferenças, entre os conceitos estudados e as relações psicológicas de interesse das diferentes temáticas de investigações, ocorrem por serem produzidas a partir dos indicadores obtidos nas respostas dos alunos.

Tabela 6 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 2ª etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.

Conceitos estudados	Relações psicológicas de interesse				Total
	Interessante	Motivador	Prazeroso	Compreensível	
Fenômenos estelares	2	1	2	1	6
Diagrama HR e sua representação	8	4	2	0	14
Unidades de medidas para classificação estelar	6	2	0	0	8
Características estelares	8	4	3	2	17
Total	24	11	7	3	

Obtivemos 24 indicadores que descreveram os conceitos estudados como pertencentes a subcategoria “interessante”. Algumas respostas trouxeram <u>indicadores</u> anexos à unidade de contexto que classificaríamos em outras subcategorias, que não foram criadas, porém classificamos estas respostas na subcategoria “interessante”, uma vez que se apresentavam como justificava para o interesse do aluno. Assim, verificamos estes <u>*indicadores*</u> de interesse em cada discurso apresentado a seguir.

(A4) “Achei *bem* ***interessante*** *a* <u>*variabilidade*</u>.”
(A11) “Porque é o que <u>mais *me chama atenção*</u> *em ser* ***interessante***.”

(A14) “Porque foram as que *mais me* ***interessaram***.”
(A17) “Porque meu ***interesse*** *é me aprofundar mais* nesses que eu marquei.”
(A21) “Pelo ***meu interesse*** *nas classificações*.”

Os conceitos estudados que pertencem às subcategorias, *diagrama HR e características estelares*, obtiveram maior interesse com 14 e 17 indicadores respectivamente. Ambas são caracterizadas pelo estudo dos tipos de estrelas, suas diferenças entre tamanho, massa e densidade.

As respostas das questões de nº 4 e 5 apresentaram a identificação pelo alunos de significados construídos durante a etapa de nº 2. Agrupamos estas informações na tabela 7 e descrevemos a quantidade de respostas que “identificaram” ou “identificaram e correlacionaram” estes significados.

Classificamos as respostas que descreveram a Massa Solar (M☉) e o Raio Solar (R☉) como unidades de medida do Sol (Unidade de Registro) em “identificação do significado”. Classificamos as respostas que descreveram estas unidades como a referência para medir a massa e o raio das demais estrelas (Unidade de Contexto) como indícios de “identificação e correlação do significado”.

Tabela 7 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, nas questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 2ª etapa.

Questão de referência	Identificação e correlação dos significados		
	Identificaram	Identificaram e correlacionaram	Não identificaram
Questão nº 4 – O que é a unidade de massa solar (M☉)? Como é utilizada na astronomia?	2	7	2
Questão nº 5 - O que é a unidade de raio solar (R☉)? Como é utilizada na astronomia?	4	5	2
Total	6	12	4

Observamos que 12 alunos evidenciaram identificar e correlacionar os significados corretamente, sendo 7 para M☉ e 5 para R☉, e portanto, parecem saber descrever as unidades como referência para a medida de massa e raio das demais estrelas. Outros 6 alunos indiciaram identificar os significados, porém não souberam correlacionar. Assim, os alunos que identificaram e correlacionaram corretamente os

termos “Massa Solar” e “Raio Solar” possuem como conhecimento internalizado os signos que os representam e conceituam.

Destacamos alguns indicadores das respostas referentes às questões de nº4 e 5, que apresentaram ou não a identificação e correlação dos significados de M☉ e R☉.

Questão nº 4.

(A4) “*É a **medida de massa** das estrelas em relação ao sol.*”

(A14) “É a unidade de ***massa do sol** e é utilizada para comparar a massa de uma outra estrela maior.”*

(A17) “*É a **medida de massa** da estrela.*”

(A21) “*É a **massa do Sol**. A partir da massa Solar* (densidade da nossa estrela)*, **calculamos a massa** de outras estrelas.*”

Questão nº 5.

(A4) “*É a **medida do raio estelar** em relação ao nosso sol.*”

(A14) “*É a **unidade de comprimento** criada na astronomia para medir distâncias.*”

(A17) “*Ela é usada para **medida um raio*** ou a intensidade do raio.”

(A21) “*É o **tamanho do Sol**.* Como é a nossa estrela, *utilizamos da **área** dele **para medir** a área de outras estrelas.”*

Os alunos A14 e A21 demonstraram saber identificar e correlacionar o significado de M☉, porém não souberam descrever corretamente, na questão de nº 5, o significado de R☉. O aluno A4 identificou e correlacionou corretamente ambos os significados, já o aluno A17 não soube responder as questões.

Observamos que o aluno A21 utiliza o entendimento de área – e não o de volume – para definir o tamanho das estrelas, que neste contexto são objetos celestes que possuem por geometria três dimensões definidas. Para Vygotsky (2001), enquanto o pensamento por complexos predominar, um traço abstraído que diferencie significados é instável, não tem posição privilegiada e facilmente cede a sua posição temporária a outros traços, ou seja, o aluno A21 atribui os significados de área e volume em um mesmo complexo que define o tamanho de objetos, pois ele apresenta o entendimento de volume para responder que a unidade de Raio Solar define o tamanho do Sol, e ainda utiliza do significado de área na sua descrição.

Na tabela 8 apresentamos a verificação de respostas das questões de nº 6 e 7, nas quais solicitamos que o aluno solucione um problema e represente os conceitos estudados durante essa etapa. Identificamos nas respostas classificadas como “Sim”

indicadores de **unidades de registro** e *unidades de contexto* que apresentaram relações lógicas de comparação do nosso Sol com as demais estrelas, das quais podem existir com raio centenas de vezes maior que o R☉. As respostas da questão de nº 7 trouxeram representações relevantes dos tópicos abordados durante os encontros.

Tabela 8 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 2ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.

Questão de referência	Os alunos solucionaram o problema e representaram os conceitos?	
	Sim	Não
Questão nº 6 – Se o nosso Sol tivesse a massa e o raio de uma laranja, qual seria o tamanho da maior estrela conhecida? Justifique sua resposta.	6	5
Questão nº 7 – Represente abaixo, através de um desenho ou esquema, os conceitos estudados nesta semana. Após, comente sua representação.	9	2
Total	15	7

Observamos que 6 e 9 alunos, respectivamente, souberam resolver o problema da questão de nº 6 e realizaram as representações relevantes dos tópicos abordados durante essa etapa e, portanto, se apresentaram em um **nível de desenvolvimento real** em relação ao conhecimento da escala de massa e raio solar**.** Ademais, 7 alunos tiveram dificuldades ou não souberam responder as questões.

A seguir, apresentamos as respostas dos alunos da questão de nº 6, que trouxeram indicadores das relações de comparação do tamanho do nosso Sol.

(A4) "Não respondeu."
(A8) "*Tamanho de até **30 M**☉ e **100 R**☉.*"
(A11) "Do ***tamanho do Sol**, pois existe muitas estrelas maiores que o Sol,* como as gigantes azuis e vermelhas."
(A14) "Seria *aproximadamente do **tamanho da Terra***."
(A21) "Seria *do tamanho de algo que coubesse **100 laranjas**.* Não tão denso (em comparação ao Sol)."

As respostas dos alunos acima descreveram a solução do problema, com exceção do aluno A4 que não respondeu a questão, mas definiu anteriormente os significados de M☉ e R☉, portanto não soube aplicar os significados constituídos na resolução de um problema. O mesmo não se aplica aos demais alunos, pois descreveram tamanhos específicos para a maior estrela conhecida, caso o nosso Sol

equivalesse a uma laranja. O aluno A8, diferentemente do A4, utilizou dos significados constituídos anteriormente para a descrição *de até 30 M⊙ e 100 R⊙* na resolução do problema da questão de nº 6. O aluno A21 utilizou as laranjas como variáveis de comparação na produção de sua resposta. Os alunos A11 e A14 realizaram suas comparações na resolução do problema com dois objetos celestes, o Sol e a própria Terra.

Obtivemos, na questão de nº 7, dezesseis representações das quais três estão apresentadas na figura de nº 5.

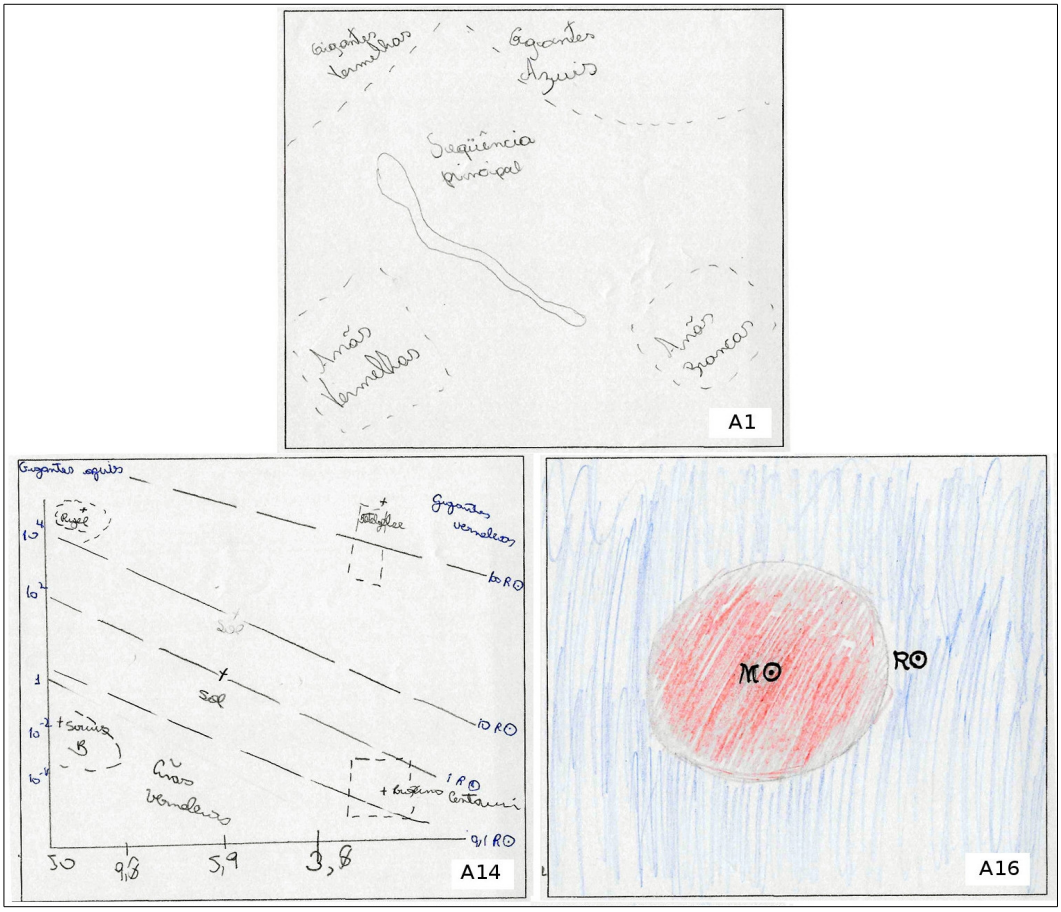

Figura 5 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 2.

Observamos, através das representações, que os alunos possuem conhecimento internalizado sobre M⊙, R⊙ e o diagrama HR. O aluno A16 apresentou resumidamente a representação de uma estrela com a indicação do signo de M⊙ no seu interior e o R⊙ em um ponto da sua extremidade. Classificamos esta elaboração do aluno como uma representação simplista dos significados.

Os alunos A1 e A14 representaram o diagrama HR com a presença de alguns elementos que o caracterizam. Classificamos a representação A1 como parcialmente elaborada, uma vez que apesar de inconsistências na organização dos elementos, o aluno, descreveu graficamente o significado do diagrama HR como sendo um diagrama de distribuição e classificação estelar, pois destacou a presença da sequência principal de evolução das estrelas e regiões que descrevem alguns grupos de estrelas características, como as “gigantes vermelhas e anãs brancas”.

O aluno A14 evidenciou uma maior percepção na elaboração do seu diagrama e por isso classificamos sua representação como elaborada. Apesar das disposições inadequadas de alguns elementos, destacamos a importância da representação do aluno na percepção gráfica do significado do diagrama HR e também na distribuição e classificação estelar, inclusive na presença das linhas de escala de R☉ (linhas diagonais) e dos eixos cartesianos (vertical e horizontal). Identificamos que os números representados no eixo vertical o descreve como sendo de **luminosidade estelar (L☉)** e o horizontal como **temperatura estelar (T)** e observamos que o aluno identifica a localização do Sol na posição correta do diagrama, na correspondência de 1L☉**,** 5,9T (com escala de 10^3K de temperatura) e na linha diagonal de 1R☉**.**

Figura 6 – Atividade de construção de um diagrama HR realizada na etapa de nº 2.

Destacamos que os desenhos apresentados na figura 5 descrevem a atividade do modelo representacional da construção de estrelas em escala de massa e volume, conforme apresentado no quadro 5 e ilustrado na figura 6, o qual proporcionou aos alunos a montagem “física” de um diagrama HR e favoreceu a discussão das “características estelares” que foram os tópicos de estudo desta etapa julgados pelos alunos com maior interesse.

5.4 Temática 3: O estudo do Universo de Hubble

Iniciamos a análise da temática 3 apresentando a tabela 9 com os dados referentes à consulta de interesse realizada pelo questionário aplicado nas etapas de nº 3 e 4. As unidades de registro obtidas na análise das respostas apresentaram como subcategorias “as contribuições de Hubble e os objetos celestes”, “Universo Multigaláctico” e a “expansão do universo”. As unidades de contexto definiram as relações psicológicas de interesse como: “interessante”, “motivador”, “prazeroso” e “compreensível”.

Nesta análise verificamos que as relações psicológicas identificadas trouxeram as mesmas subcategorias para comparação aos objetos de estudos da segunda temática. Isso indicou que os conceitos dessa temática também favoreceram a compreensão, o prazer em estudar, a motivação e o interesse.

Tabela 9 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 3ª e 4ª etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.

Conceitos estudados	Relações psicológicas de interesse				Total
	Interessante	Motivador	Prazeroso	Compreensível	
As contribuições de Hubble e os objetos celestes	0	1	0	1	2
Universo multigaláctico	1	2	1	1	5
Expansão do Universo	2	2	1	2	7
Total	3	5	2	4	

Observamos que os indicadores ficaram bem distribuídos entre as subcategorias de interesse, porém 5 foram identificados como motivacional e 4 na compreensão proporcionada pelo estudo desses conceitos. As subcategorias relacionadas ao estudo de um universo multigaláctico e em expansão apresentaram, respectivamente, 5 e 7 indicadores, e destacam o interesse manifestado pelos alunos sobre a compreensão da estrutura e do comportamento do universo.

Apresentamos as respostas das questões de nº 4 e 5 na identificação pelos alunos das contribuições realizadas por Hubble como objetos de estudo durante a etapa de nº 3 e 4. Agrupamos as informações na tabela 10 e descrevemos a

quantidade de respostas que “identificaram” ou “identificaram e correlacionaram” essas contribuições.

As respostas que identificaram as descobertas do astrônomo (Unidade de Registro) foram classificadas em identificação do significado. As respostas que descreveram estas descobertas no contexto do estudo de física e astronomia (Unidade de Contexto) foram classificadas como indícios de “identificação e correlação do significado”. As transcrições completas das respostas e das Unidades de Registro e de Contexto estão apresentadas no anexo I.

Tabela 10 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, nas questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 3ª e 4ª etapa.

Questão de referência	Identificação e correlação dos significados		
	Identificaram	Identificaram e correlacionaram	Não identificaram
Questão nº 4 – Qual foi a grande descoberta de Hubble quando observou estrelas variáveis (Cefeidas) no observatório de Monte Wilson em meados de 1920?	4	1	1
Questão nº 5 - O que Hubble descobriu ao estudar as estrelas observando a radiação com um desvio para o vermelho (redshift/efeito doppler astronômico)?	3	1	2
Total	7	2	3

Ressaltamos que as descobertas de Hubble abordadas nas questões de nº 4 e 5 representaram, respectivamente, os significados dados para um universo multigaláctico, na descobertas de galáxias exteriores à “Via Láctea”, e do fenômeno de expansão do universo. Estes se apresentaram como os significados a serem descritos nas respostas das questões. Assim, identificamos 7 respostas que apresentaram indicadores referentes a identificação destes significados e 2 que trouxeram correlações destas descobertas no seu contexto em física e astronomia.

A seguir, apresentamos algumas respostas que trouxeram como indicadores as unidade de contexto na correlação dos significados identificados pelos alunos.

Questão nº 4.

(A5) “*A grande descoberta foi a **galáxia**.*”

(A9) “*Ele descobriu a **galáxia**.*”

(A11) “*Descobriu a existência de **novas galáxias**, como a Andrômeda.*”

Questão nº 5.

(A5) "*Que o **universo** está se **expandindo***."

(A9) "Descobriu que a *esquerda é **menor** e para a direita a **frequência** é **maior***."

(A11) "*Descobriu que todas as **galáxias** do universo estão **se afastando** de nós* e que o universo está evoluindo ao contrário do que os antigos acreditam."

(A21) "*Um universo em **expansão**, quanto **mais distante** a galáxia está, **mais** rápido ela **se afasta*** (de nós). Ou seja, não estão se movendo, mas *o **espaço** entre elas está **dilatando**.*"

Os alunos A11 e A21 evidenciaram identificar e correlacionar os significados de um universo multigaláctico e em expansão, uma vez que descreveram a existência de novas galáxias e seu afastamento. Os alunos A5 e A9, na questão de nº 4, identificaram a existência de apenas uma galáxia e, portanto, não apresentaram conhecimento internalizado da existência de um universo multigaláctico. Também verificamos esta inferência nas respostas obtidas da questão de nº 5, nas quais os alunos descrevem o universo em expansão, mas não referenciaram ao significado de galáxia.

Solicitamos na questão de nº 6 do questionário aplicado nessa etapa a solução de um problema relacionado a atividade do balão em expansão realizada durante os encontros, conforme verificamos no quadro 7; solicitamos na questão de nº 7 que o aluno represente os conceitos estudados durante essa etapa. Identificamos nas respostas classificadas como "Sim" indicadores de **unidades de registro** e *unidades de contexto* que apresentaram relações lógicas de comparação entre a atividade do balão e o universo em expansão.

Tabela 11 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 3ªe4ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.

Questão de referência	Os alunos solucionaram o problema e representaram os conceitos?	
	Sim	Não
Questão nº 6 – Explique como ocorre a expansão do universo a partir das atividades que você realizou nos encontros anteriores.	3	3
Questão nº 7 – Represente abaixo, através de um desenho ou esquema, os conceitos estudados nesta semana. Após, comente sua representação.	3	3
Total	6	6

Observamos que 6 alunos souberam resolver o problema da questão de nº 6 e realizaram as representações relevantes dos tópicos abordados na questão de nº 7, e portanto, se apresentaram em um **nível de desenvolvimento real** em relação ao conhecimento da expansão do universo.

Verificamos a necessidade de uma breve descrição da atividade do balão, uma vez que apresentamos a seguir a tabela 12 com os dados produzidos pelos alunos durante sua execução.

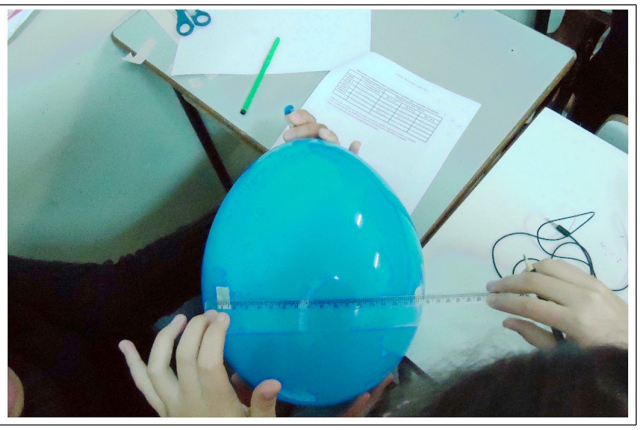

Figura 7 – Atividade do balão em expansão realizada na etapa de nº 4.

Os alunos realizaram a atividade seguindo um roteiro experimental que solicitava a fixação de adesivos em um balão parcialmente inflado, representando respectivamente as galáxias e o universo, e que realizasse medidas entre os adesivos conforme fossem inflando o balão. A seguir, apresentamos os dados dispostos pelos alunos em um quadro e as respostas à questão: “Observe como as distâncias entre as galáxias mudaram quando o universo do balão se expandiu. Você observa algum padrão ou tendência?”.

Tabela 12 – Tabulação realizada os dados dos dois grupos de alunos (grupo 1 / grupo 2) que realizaram a atividade do balão em expansão na etapa de nº 4.

(grupo 1 / grupo 2)	Tamanho do universo	Distância entre duas galáxias		
Balão	Circunferência do balão	De A a B	De B a C	De C a A
Parte 1	48 cm / 38,5 cm	10 cm / 16 cm	16 cm / 4,5 cm	10 cm / 8 cm
Parte 2	60 cm / 54 cm	16 cm / 20 cm	24 cm / 12,5 cm	15 cm / 16,5 cm
Parte 3	65 cm / 57 cm	19 cm / 21 cm	27 cm / 14 cm	18 cm / 18,5 cm
Parte 4	75 cm / 62,5 cm	22 cm / 22,5 cm	30 cm / 15,5 cm	20 cm / 19,5 cm

Resposta à questão da atividade:

(GRUPO 1) "É que *a tendencia do* ***universo*** *é de se* ***expandir*** *cada vez mais, e assim a* ***distância*** *entre as* ***galáxias****.*"

(GRUPO 2) "Tanto a circunferência *quanto a* ***distância das galáxias*** *mudaram conforme a* ***bexiga crescia****.* E assim *no* ***universo*** *quando ele* ***expande*** *as* ***galáxias*** *se* ***distanciam*** uma das outras."

Os alunos integrantes do grupo 1 (A1, A5 e A19) descrevem que o aumento da distância entre as galáxias é consequência da tendência de um universo expansivo. Os alunos integrantes do grupo 2 (A9, A11 e A21) trouxeram a mesma descrição dos demais e apresentaram suas reflexões sobre os dados obtidos na atividade. Assim, as respostas dos alunos à atividade solucionaram o problema apresentado pela questão de nº 6 e conferiram um conhecimento internalizado sobre a expansão do universo que não se apresenta como a expansão das galáxias no espaço, mas na expansão do próprio espaço entre as galáxias.

As respostas da questão de nº 7 trouxeram representações relevantes dos tópicos abordados durante os encontros. Assim, obtivemos seis representações das quais apresentamos três na figura de nº 8.

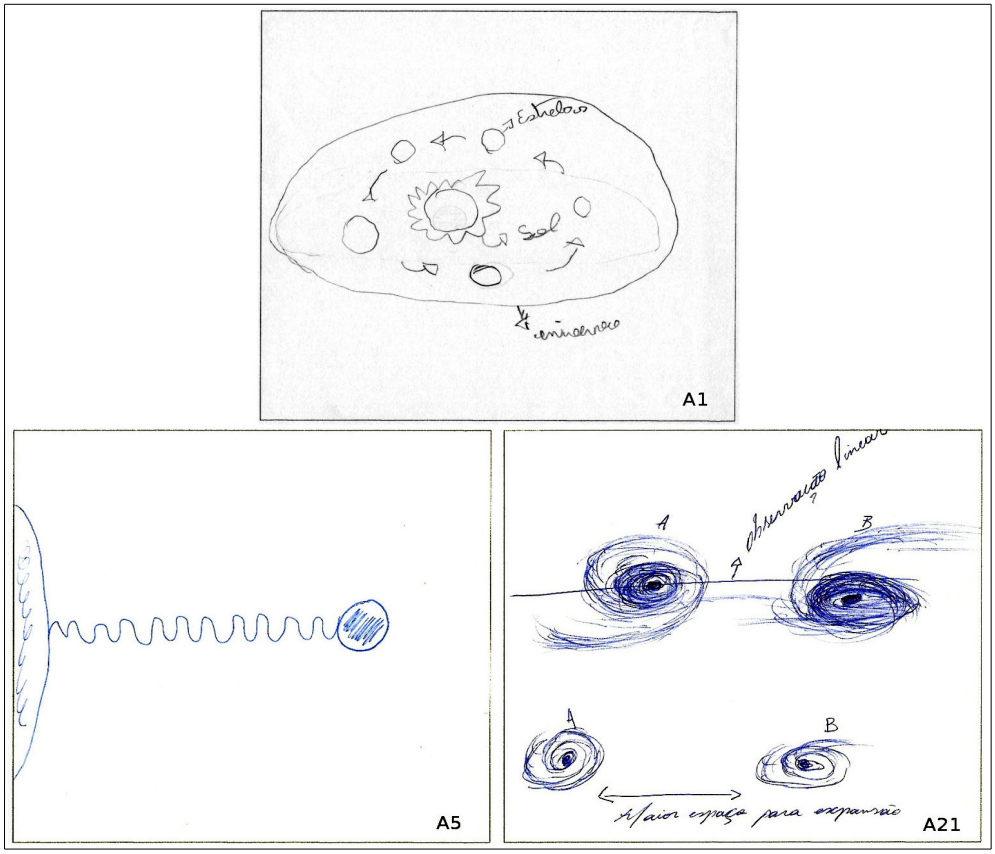

Figura 8 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 3 e 4.

O aluno A1 descreve em seu desenho a representação da atividade realizada com o balão durante a etapa de nº 3. O desenho apresenta o universo delimitado pelo balão, o Sol e demais estrelas no seu interior. Acreditamos que o aluno considera a existência de um universo limitado e que seu entendimento de expansão ocorre conforme representado na atividade realizada com o balão durante os encontros. Consideramos sua representação adequada, porém não elaborada pois o aluno não descreveu o que foi representado.

O aluno A5 apresenta um entendimento que julgamos estar adequado ao significado, uma vez que seu desenho é em parte uma reprodução dos exemplos estudados durante os encontros. Ele descreve dois objetos celestes conectados por uma radiação em luz que acreditamos representar o redshift cosmológico, deslocamento do comprimento de onda da luz para o vermelho causado pela expansão do universo. A interpretação do desenho descrita pelo aluno corrobora com estas inferências, pois traz a indicação da palavra "redshift" (signo) como termo possuidor de significado.

(A5) "*Essa representação significa o **redshift***, **desvio para o vermelho**, *um assunto bem **legal** de ser estudado!"*

O aluno A21 traz em seu desenho uma representação que classificamos como elaborada. Interpretamos o desenho em duas situações, a primeira na indicação pelo aluno de uma "*observação linear"* entre duas galáxias A e B e a segunda traz as mesmas galáxias em diferentes posições na indicação de um "*maior espaço para expansão"*. Esta representação evidencia o conhecimento internalizado do entendimento de um espaço expansivo.

(A21) "Representação de duas galáxias, se usássemos uma delas como ponto de referência, *a **expansão do universo** aconteceria e influenciaria na **distância** entre elas* da seguinte forma. A medida que B se afasta de A, mais rápido vai se afastando, ela não mantém uma velocidade, pois não se move, *o que acontece é que **o espaço** entre A e B, que **se expande***; quanto mais espaço há entre elas, mais rápido se afastam, porque mais espaço há para se expandir."

Ressaltamos que a linguagem gráfica, apresentada pelos alunos nas ilustrações, possuem como base a linguagem verbal e, portanto, originam-se dos conhecimentos

internalizados a partir do estudo dos conceitos nas etapas de desenvolvimento (VYGOTSKY, 1991). A linguagem gráfica na qual nos referenciamos está relacionada a produção de ilustrações e desenhos das atividades ou dos fenômenos estudados.

5.5 Temática 4: O estudo das contribuições científicas de Einstein para o entendimento do espaço

Destacamos nesta temática de análise os dados referentes ao estudo das etapas de nº 5 e 6, o estudo das contribuições científicas de Einstein para o entendimento de espaço. Apresentamos na tabela 13 os dados obtidos a partir da consulta de interesse aos alunos, realizada pelas questões de nº 2 e 3, em relação aos conceitos estudados durante essas etapas do módulo de ensino. As unidades de registro obtidas na análise das respostas apresentaram os seguintes indicadores como subcategoria: “conceitos de relatividade geral”, “entendimento de gravidade” e “entendimento de espaço”. As unidades de contexto definiram as mesmas relações psicológicas de interesse das temáticas anteriores: “interessante”, “motivador”, “prazeroso” e “compreensível”.

As subcategorias foram constituídas por indicadores pertencentes aos trechos das respostas dos alunos. A subcategoria “conceitos de relatividade geral” apresentou indicadores referentes ao estudo da relatividade geral, por exemplo: relatividade geral, conceitos de Einstein, gravidade segundo Einstein e gravidade. A segunda e terceira subcategorias foram construídas conforme o foco de estudo desta temática, no entendimento da gravidade e do espaço para a FMC. A subcategoria “entendimento de gravidade” trouxe indicadores do estudo mais sistemático dos conceitos para o entendimento de gravidade: forças inerciais, princípio da equivalência, aceleração gravitacional e gravidade segundo Einstein. Encontramos na subcategoria, “entendimento de espaço”, os indicadores: deformação do espaço, concentração de massa no espaço, concentração de massa e buracos de minhoca.

Tabela 13 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 5ª e 6ª etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.

Conceitos estudados	Relações psicológicas de interesse				Total
	Interessante	Motivador	Prazeroso	Compreensível	
Conceitos de relatividade geral	3	4	0	0	7
Entendimento de gravidade	2	3	1	2	8
Entendimento de espaço	3	5	2	1	11
Total	8	12	3	3	

Observamos 12 indicadores das escolhas de interesse dos alunos concentrados na subcategoria que descreve o estudo dos conceitos desta etapa como motivadores. Identificamos que o conceito estudado descrito com maior interesse foi o “entendimento de espaço”, com 11 indicadores presentes nas respostas dos questionários. Acreditamos que estas informações descrevem o estudo de espaço na FMC como motivador para o aprendizado em física e astronomia.

As respostas das questões de nº 4 e 5 apresentaram a identificação, pelos alunos, de significados construídos durante as etapas de nº 4 e 5. Agrupamos estas informações na tabela 14 e descrevemos a quantidade de respostas que “identificaram” ou “identificaram e correlacionaram” estes significados.

Classificamos as respostas que descreveram a deformação do espaço como efeito causado pela concentração de massa (Unidade de Registro) como a “identificação do significado” e as respostas que correlacionaram essa deformação com alguma atividade ou exemplo fornecido durante os encontros (Unidade de Contexto) como a “identificação e correlação do significado”. Classificamos as respostas que descreveram o princípio de equivalência na relação entre dois significados (Unidade de Registro) como indícios da “identificação do significado” e as respostas que descreveram a equivalência (Unidade de Contexto) como indícios da “identificação e correlação do significado”.

Tabela 14 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, nas questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 5ª e 6ª etapa.

Questão de referência	Identificação e correlação dos significados		
	Identificaram	Identificaram e correlacionaram	Não identificaram
Questão nº 4 – Para Einstein, qual é o efeito causado pela concentração de massa no espaço? Explique como observamos isso durante nossos encontros.	7	3	0
Questão nº 5 - O que entendemos por princípio de equivalência? Quais conceitos ele unia para o entendimento da gravidade?	2	3	5
Total	9	6	5

Observamos que todos os alunos, 10 indicadores, deram significado para a deformação do espaço, identificando seu efeito causado pela concentração de massa. Destes, 3 correlacionaram a alguma atividade ou exemplo em astronomia. Também

observamos que a metade dos alunos, 5 indicadores, identificaram a equivalência entre os conceitos para o entendimento do significado de gravidade, sendo que 3 os correlacionaram ao descreverem os significados equivalentes.

A seguir apresentamos algumas respostas referentes às questões de nº 4 e 5 que trouxeram indicadores da identificação e correlação dos significados para o entendimento da deformação do espaço e da gravidade na FMC.

Questão nº 4.

(A1) "*É a **deformação do espaço**, como um pano é esticado e jogando no meio do pano as estrelas que nos já tínhamos feito.*"

(A6) "***Deformação espacial**. Como no mostrado com o balão dentro da gelatina, quando mais massa concentrada mais deformado o espaço fica.*"

(A11) "*A concentração de massa gera **deformação do espaço**. Observamos através de deformação geométrica fazendo os experimentos.*"

(A15) "*A **deformação do espaço**, por exemplo.*"

(A21) "**Deformação**."

Questão nº 5.

(A1) "Não lembro."

(A6) "***Gravidade e velocidade** são as mesma coisas*."

(A11) "É a **união** da ***gravidade ou aceleração** com a **relatividade**. **Força inercial** e **gravidade***."

(A15) "No meu conceito é que *a **gravidade** e a **aceleração** são a mesma coisa*."

(A21) "Diz que a ***força inercial** é igual a **gravidade**. A **aceleração** da curva gera **força inercial** que é a gravidade.*"

Observamos que os alunos evidenciaram identificar, na questão de nº 4, o significado de deformação do espaço como efeito da concentração de massa, contudo, os alunos A1, A6 e A11 descreveram correlações aos modelos representacionais estudados durante os encontros. Os alunos A11 e A21 descreveram na questão de nº 5 uma equivalência adequada entre a força inercial provocada pelo movimento acelerado de um objeto com o entendimento de gravidade, portanto, identificaram e correlacionaram os significados. Os alunos A6 e A15 descreveram as equivalências, mas não a realizaram adequadamente, portanto julgamos que eles identificaram e não correlacionaram os significados. O aluno A1 não identificou e correlacionou os significados relacionados ao entendimento de princípio de equivalência e gravidade. Destacamos que o aluno A11 realiza uma associação entre os significados na questão de nº 5, porém apresenta uma descrição confusa quanto ao entendimento de princípio

de equivalência. O mesmo aluno, na resposta fornecida para a questão de nº 1, manifesta interesse no estudo do princípio de equivalência, mas relata que o seu entendimento ainda se apresenta confuso.

Questão nº 1.
(A11) "***Princípio da equivalência**, porque é uma coisa muito **importante** e **interessante**, porém ainda está confuso..*"

Entendemos a dificuldade relatada e a descrição confusa do significado na questão de nº 5, como o obstáculo enfrentado pelo aluno na difícil tarefa de definir um conceito que se apresenta em uma situação diferente da qual ele teve conhecimento originalmente. Vygotsky (2001) descreve este entendimento quando a tarefa de definir o conceito já não possui quaisquer raízes na situação original e tem que ser formulado num plano puramente abstrato.

Na tabela 15 trouxemos a verificação de respostas das questões de nº 6 e 7, nas quais apresentamos ao aluno um problema que deverá solucionar e solicitamos que represente conceitos estudados durante esta etapa. As respostas classificadas como "Sim" trazem indicadores de **unidades de registro** e *unidades de contexto* que descrevem seu entendimento relacionado ao conceito de gravidade na FMC.

Tabela 15 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 5ª e 6ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.

Questão de referência	Solucionaram o problema e representaram os conceitos?	
	Sim	Não
Questão nº 6 – A partir do estudo da Relatividade Geral de Einstein, explique como ocorre a gravidade no universo.	7	3
Questão nº 7 – Represente abaixo, através de um desenho ou esquema, os conceitos estudados nesta semana. Após, comente sua representação.	8	2
Total	15	5

Verificamos que 7 e 8 alunos, respectivamente, resolveram o problema proposto na questão de nº 6 e realizaram representações adequadas dos tópicos abordados durante os encontros desta etapa e, portanto, se apresentaram em um **nível de desenvolvimento real** em relação ao conhecimento de deformação do espaço. Os

demais alunos tiveram dificuldades e se apresentaram em um **nível de desenvolvimento potencial**.

Identificamos nas respostas ao problema proposto a presença de indicadores que descreveram o entendimento do aluno acerca do significado de gravidade no universo. Ressaltamos que as respostas obtidas se constituem nas descrições resumidas das discussões realizadas no desenvolvimento do conceito de gravidade durante os encontros.

Questão nº 6.

(A11) "**Massa → deformação do espaço → aceleração → força inercial → gravidade.**"

(A13) "***Força inercial*** *→ igual a* ***velocidade / Gravidade*** *→* ***destorção do tecido*** *pelo objeto.*"

(A17) "*A* ***gravidade*** *ocorre com a* ***concentração de massa*** *no universo* ***deformado****.*"

(A21) "*A* ***concentração de massa*** *gera uma* ***deformação no espaço****; o objeto com mais massa deforma mais os menores seguem a* ***curva*** *gerando* ***aceleração*** *e* ***força inercial****, logo a* ***gravidade****.*"

Os alunos A11 e A13 descreveram uma relação de equivalência para explicar como ocorre a gravidade no universo. Entendemos que a estes alunos enumeram significados na descrição do seu entendimento de gravidade e por isso se encontram em uma faixa de pensamento que varia entre os complexos e o conceito verdadeiro. Vygotsky (2001) descreve que existem alunos que resolvem o problema da formação do conceito, porém começam a enumerar os vários significados a que ele pode aplicar. Neste caso ele opera cada termo a partir dos conceitos, mas seu pensamento geral ocorre por complexos. Destacamos que, conforme os entendimentos destacados na questão de nº 5 e 6, os alunos A11 e A13 apresentaram uma discrepância entre a sua capacidade para formar conceitos e a sua capacidade para os definir, esta identificada por Vygotsky (2001) como evidência do caráter transitório do pensamento do aluno.

Observamos que os alunos A17 e A21 descreveram em suas respostas a solução do problema da questão de nº 6, explicando como ocorre a gravidade no universo. Assim, entendemos que os significados de gravidade foram internalizados pelos alunos, porém seus pensamentos ainda se encontram numa fase transitória entre os conceitos potenciais e os conceitos verdadeiros.

Obtivemos dez representações da questão de nº 7, das quais apresentamos seis na figura 9.

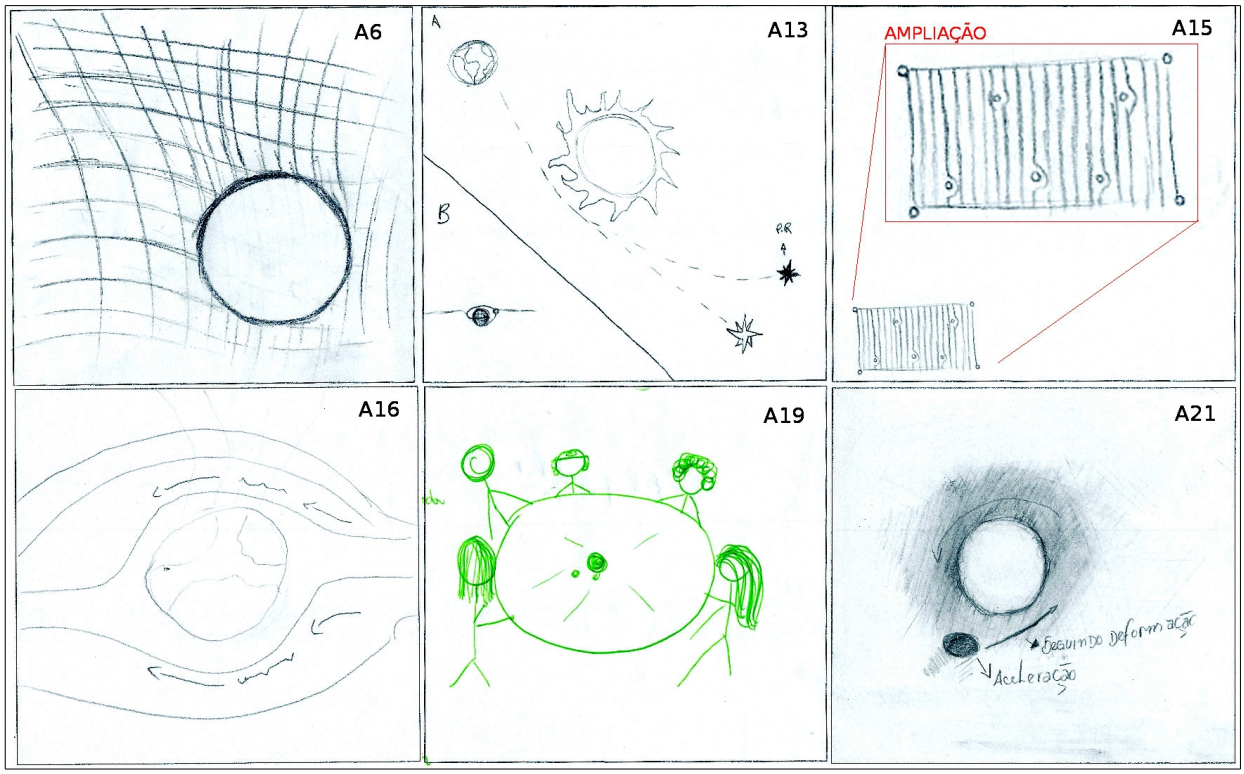

Figura 9 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 5 e 6.

Observamos nos desenhos dos alunos A6, A15 e A19 a ilustração das atividades de deformação do espaço realizadas durante os encontros com os modelos representacionais (presentes no caderno do produto educacional anexo a esta dissertação). Os alunos A6 e A15, ilustraram o modelo representacional de deformação do espaço conforme Garcia e Corrêa (2015). O aluno A19 representou a atividade do tecido do espaço conforme a atividade da Física e o Cotidiano em SEEC/BA (2011), também realizada durante nossas atividades. Verificamos na figura 10 as imagens das atividades realizadas.

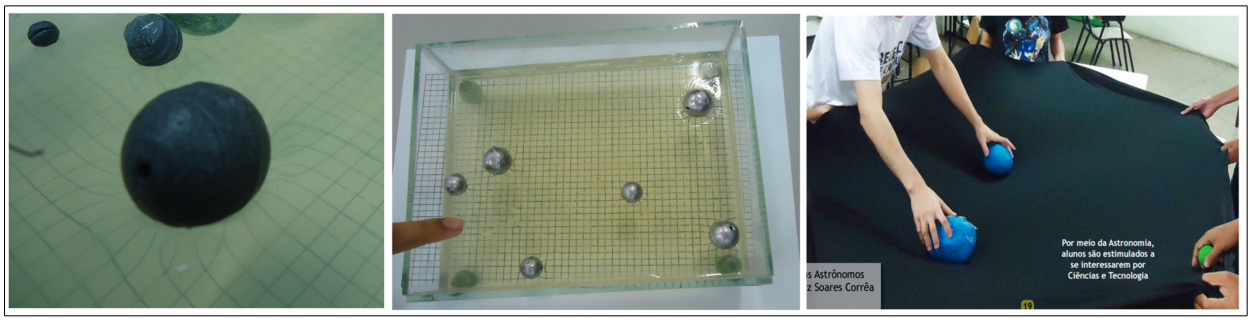

Figura 10 – Atividades com os modelos representacionais realizada nas etapas de nº 5 e 6.

Identificamos que as representações destes alunos se mantiveram semelhantes às imagens obtidas a partir do estudo com os modelos representacionais.

Consideramos que estas representações se referenciaram em momentos vivenciais de estudo e, portanto, demonstraram entendimento dos alunos a partir da realização de atividades que possuem como foco a interação entre os colegas. Assim, entendemos que eles desenvolveram o significado de deformação do espaço a partir de uma construção coletiva em sala de aula.

O aluno A13 descreveu o fenômeno tema do filme *Einstein e Eddington*, no qual ocorreu durante o eclipse solar de 1919, quando a luz proveniente de estrelas curvaram-se na presença do Sol. Classificamos sua ilustração como elaborada e entendemos que os significados referentes à deformação do espaço na presença de objetos massivos foram internalizados por este aluno, uma vez que ele indicou a deformação próxima ao Sol na representação A13-B e ilustrou o fenômeno do desvio da luz na presença de objetos massivos na representação A13-A, previsto na Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein. Observamos estes entendimentos no discurso do aluno na descrição da sua representação.

Questão nº 7.
(A13) "A – ***Curvatura da luz*** *próxima a uma* ***grande massa***."
"B – ***Deformação*** *do tecido do* ***espaço*** *ocasionado por uma* ***grande massa***."

As representações dos alunos A16 e A21 ilustraram a deformação do espaço em duas situações distintas. O contexto no qual os alunos realizaram as atividades, permitiu nossa interpretação da figura A16 como sendo a ilustração das linhas de deformação que representam o espaço provocada pela presença de um corpo celeste. Este aluno não realizou descrições e indicações do fenômeno ilustrado. A figura A21 também apresenta a deformação do espaço, porém o aluno descreve as linhas de curvatura e a indicação de um segundo objeto com aceleração adquirida pela trajetória do espaço deformado. Desse modo, entendemos que os alunos realizaram representações dos significados desenvolvidos durante os encontros em novas situações de estudo e que os significados, referentes à deformação do espaço na presença de objetos massivos, foram internalizados.

Por fim, observamos que as ilustrações descreveram o significado da deformação do espaço em seis diferentes interpretações, com referência à linguagem gráfica como base para as representações realizadas.

5.5 Temática 5: O estudo do Universo conhecido

Nesta última temática abordaremos a análise de conteúdo dos questionários referentes a 7ª etapa do módulo de ensino, o qual proporcionou o estudo cronológico do desenvolvimento do Universo, desde sua origem, a formação dos astros e objetos celestes e a evolução do Sistema Solar.

Como estratégia para motivar o aluno no estudo, oferecemos para cada um e com uma semana de antecedência o livro *O Fascínio do* Universo de Augusto Damineli, a qual contempla o material de leitura para as discussões e atividades durante os encontros. Adotamos esta abordagem visando a ação do professor ao oferecer objetos de mediação para as discussões e os entendimentos dos significados estudados.

Iniciamos esta análise apresentando a tabela 16 com a consulta de interesse referente aos conceitos e objetos estudados nessa etapa. Tabulamos os indicadores a partir das respostas das questões de nº 2 e 3, nas quais as Unidades de Registro representam os conceitos estudados na etapa e as Unidades de Contexto descrevem a relação psicológica de interesse manifestada pelos alunos. As mesmas relações psicológicas se mantiveram desde a temática 2, nas quais os conceitos se apresentaram para os alunos como interessantes, motivadores, prazerosos e compreensíveis. Os conceitos estudados nesta etapa surgem a partir da leitura do desenvolvimento do universo, desde a “Origem e idade do Universo”, “A formação dos astros e objetos Celestes” e “O desenvolvimento do sistema solar”.

Tabela 16 – Apreciação dos alunos, referente aos conceitos estudados na 5ª etapa, e suas equivalentes relações psicológicas de interesse.

Conceitos estudados	Relações psicológicas de interesse				Total
	Interessante	Motivador	Prazeroso	Compreensível	
Origem e idade do Universo	3	1	1	3	8
Formação dos Astros e Objetos Celestes	3	2	1	4	10
Desenvolvimento do Sistema Solar	3	2	0	3	8
Total	9	5	2	10	

Observamos que 9 e 10 indicadores, respectivamente, identificaram os conceitos estudados como interessantes e compreensíveis. Também observamos que o estudo da formação do astros e objetos Celestes receberam 10 indicadores, sendo a maior

manifestação de interesse dos conceitos dada pelos alunos. Surge em sequência, com 8 indicadores cada, o estudo da origem e idade do Universo e o desenvolvimento do Sistema Solar.

Entendemos que o estudo dos significados desta etapa, manifestam-se a partir da necessidade do aluno de construir uma sequência lógica de desenvolvimento dos fenômenos estudados durante o módulo de ensino. A escolha de interesse dos alunos no estudo dos conceitos corrobora com esta necessidade descrita acima, uma vez que para eles os significados desta etapa foram interessantes e compreensíveis.

As respostas das questões de nº 4 e 5 apresentaram a identificação pelo alunos de significados construídos durante o estudo. Agrupamos estas informações na tabela 17 e descrevemos a quantidade de respostas que "identificaram" ou "identificaram e correlacionaram" estes significados.

Classificamos na identificação do significado, as respostas que descreveram a inflação cósmica como o período de crescimento do universo e a formação dos astros como a fase de seu maior desenvolvimento. Classificamos as respostas que descreveram as características deste período, por exemplo, o rápido crescimento do universo e seu esfriamento, como a identificação e correlação do significado. As transcrições completas das respostas e das Unidades de Registro e de Contexto estão apresentadas no anexo I.

Tabela 17 – Identificação e correlação dos significados, pelos alunos, nas questões de nº 4 e 5 dos questionários aplicados na 5ª etapa.

Questão de referência	Identificação e correlação dos significados		
	Identificaram	Identificaram e correlacionaram	Não identificaram
Questão nº 4 – O que era o período de inflação cósmica que discutimos acerca da formação do universo?	3	4	2
Questão nº 5 - Descreva abaixo o seu entendimento relacionado a maior fase de desenvolvimento do universo.	4	4	1
Total	7	8	3

Notamos que a maioria dos alunos evidenciaram identificar os significados das questões de nº 4 e 5, dado que 8 indicadores identificaram sua correlação na descrição de características das fases de evolução do universo. Entendemos que os alunos com

respostas classificadas na identificação e correlação, evidenciam como conhecimento internalizado os significados desenvolvidos no estudo de cada fase de desenvolvimento do universo.

A seguir, apresentaremos algumas respostas referentes às questões de nº 4 e 5 que trazem os indicadores da identificação e correlação dos significados.

Questão nº 4.

(A10) "*A **expansão** dos bolsões cósmicos, que se expande **rapidamente**.*"

(A15) "Eram as flutuações cósmicas. Por algum motivo teve um "baque" e *se **expandiu**, assim **inflando**.*"

(A19) "A força do núcleo se separa, que causa a ***liberação** muito grande de **energia**. Com isso produz a **inflação cósmica**.*"

Questão nº 5.

(A10) "Após o Big Bang e o momento da grande inflação, *a **formação das estrelas**.*"

(A11) "***Formação dos astros e evolução química**, onde tudo começa a se organizar e formar planetas e galáxias.*"

(A19) "*A maior fase é a segunda **"A Formação dos Astros e dos Átomos Pesados"**,* se ela não tivesse acontecido nós poderíamos não existir ou até existir mais bem diferente de hoje."

Observamos que os alunos A10 e A15 identificaram os significados indicando a fase de desenvolvimento do universo, porém não as descreveram. Já os alunos A11 e A19 identificaram os significados e os correlacionaram com as descrições parciais de cada fase, por exemplo, o aluno A19 na questão de nº 4 quando indica que houve uma liberação de energia produzindo o período de inflação cósmica. "*A seguir a força nuclear forte se separa, liberando enorme quantidade de energia produzindo a inflação*" (DAMINELI, 2010, p.91).

Para Vygotsky (1991) a ação do professor deve ocorrer na mediação em sala de aula no uso de objetos que motivem o aluno ao aprendizado e possibilitem a compreensão dos conceitos na apropriação do significado. Assim, destacamos que a complexidade apresentada nas respostas descrevem uma mudança no comportamento dos alunos observada no início dos encontros quando fornecemos o material de estudo e eles retornaram extremamente interessados buscando a compreensão dos conceitos. Já observávamos esta mudança de comportamento desde o início da temática anterior, manifestada pela motivação e na pró-atividade para o estudo, porém é evidente esta observação a partir das respostas bem elaboradas obtidas nas questões de nº 4 e 5.

Entendemos que esse resultado surgiu após a função do professor servir exclusivamente como mediador, no estudo e na realização das atividades, uma vez que os alunos estavam ativos no processo.

Na tabela 18 apresentamos a verificação de respostas das questões de nº 6 e 7, nas quais solicitamos que o aluno solucione um problema e represente os conceitos estudados durante essa etapa. Identificamos nas respostas classificadas como "Sim" indicadores de **unidades de registro** e *unidades de contexto* que apresentaram relações lógicas de comparação para o tempo de existência do Universo se a evolução humana ocorresse no período de 1 minuto, na qual é considerado mínimo se comparado ao tempo de desenvolvimento do Universo. As respostas classificadas como "sim", para a questão de nº 7, trouxeram representações relevantes dos tópicos abordados durante os encontros.

Tabela 18 – Resultados obtidos das respostas dos questionários aplicados na 5ª etapa, a partir da solução de um problema na questão nº 6 e da representação de conceitos na questão de nº 7.

Questão de referência	Os alunos solucionaram o problema e representaram os conceitos?	
	Sim	Não
Questão nº 6 – Se a evolução humana naTerra tivesse a duração de 1min, qual seria o tempo de existência do Universo?	5	4
Questão nº 7 – Represente abaixo, através de um desenho ou esquema, os conceitos estudados nesta semana. Após, comente sua representação.	6	3
Total	11	7

Verificamos que 5 alunos souberam resolver o problema proposto pela questão de nº 6 ao descrever um tempo relativamente grande quando comparado ao período de 1 minuto proposto pela questão. A seguir apresentamos algumas respostas dos alunos:

(A10) "*Muito.* Basicamente, *uns **3 a 7 anos**.*"
(A11) "*Entre **zero** a **trinta e nove** anos.*"
(A16) "**3 min**"
(A21) "*Cerca de uma vida, **10 anos**. Esse tempo considerando o mínimo, por que é quase **impossível de comparar**.*"

Entendemos que os alunos A10 e A21 se apresentaram em um **nível de desenvolvimento real** para a resolução do problema, uma vez que descreveram uma relação de grandeza na ordem de anos para os períodos de tempo da evolução do universo se comparado a 1 minuto, indicado pela questão de nº 6, da "evolução da vida humana". Já os alunos A11 e A16 não demonstraram esta percepção na comparação da evolução do Universo e da vida humana na Terra, pois apresentaram uma dimensão da ordem de minutos ou não especificaram um período exato.

Obtivemos 6 representações consideradas relevantes acerca dos significados construídos durante essa etapa. A seguir, apresentamos três delas:

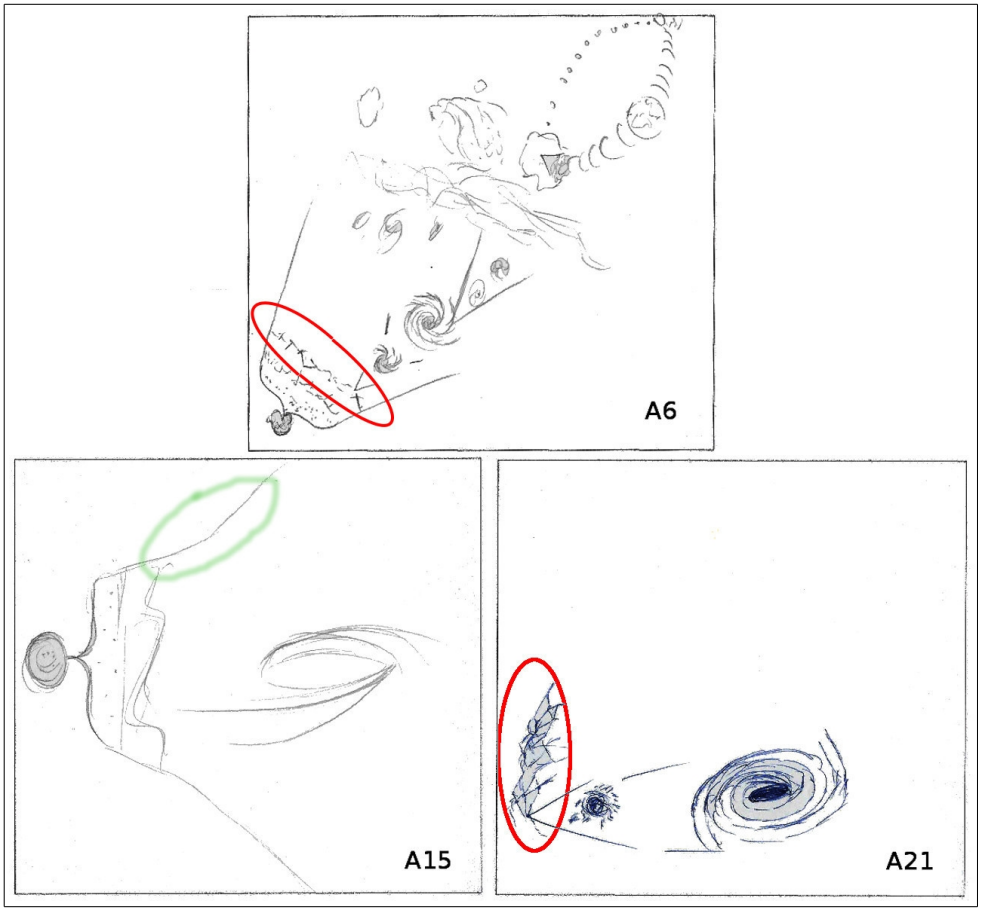

Figura 11 – Representações obtidas da questão de nº 7 do questionário da etapa de nº 7.

Observamos que as três imagens ilustraram a atividade realizada durante os encontros desta etapa, esta que se caracterizou pela leitura e discussão de um painel representativo da evolução do Universo. O painel utilizado contempla as fases de desenvolvimento e evolução, cronologicamente, desde 13,7 bilhões de anos até os dias atuais, conforme apresentado no quadro 10 e na figura 12.

Figura 12 – Painel utilizado para o estudo das fases de evolução do Universo na etapa de nº 7.

Ressaltamos que o painel apresentado não estava presente no momento que os alunos responderam os questionários, ou seja, os desenhos realizados nos questionários foram desenvolvidos demonstrando o quanto foi representativo o estudo e a leitura do painel no entendimento da evolução e desenvolvimento do Universo.

Entendemos que os desenhos dos alunos transpareceram o aspecto motivacional da inserção de objetos de estudo em sala e que diferenciam da abordagem tradicional do ensino. Acreditamos que os desenhos obtidos na forma de representações do painel, utilizado como ferramenta de auxílio do estudo durante os encontros, destacam a importância dada pelos alunos na discussão, nesta etapa, dos significados estudados durante todo o módulo de ensino. Os desenhos transpareceram características pertinentes a nossa observação, por exemplo, notamos que o aluno A15 desenhou linhas (em verde) que descreveu a expansão do Universo estudada nas etapas de nº 3 e 4. Observamos que os alunos A6 e A21 identificaram o estudo da escala do universo e sua relação de grandeza ao desenharem a ampliação de pequenos pontos pertencentes a malha de aglomerados de matéria (em vermelho) como se fossem objetos Celestes, ou seja, identificaram que cada ponto desenhado representa um aglomerado estelar, uma nebulosa ou uma galáxia.

Os desenhos apresentados demonstram os significados internalizados pelos alunos, como se suas ilustrações representassem o desenvolvimento dos conceitos apreendidos durante o estudo da etapa. Neste contexto, os modelos representacionais se destacaram como objetos de interesse e motivação ao estudo, uma vez que estão presentes nas ilustrações dos questionários de todas temáticas de investigação.

Por fim, apresentamos em uma tabela (tabela 19) o total de indicadores que descreve as relações psicológicas de interesse fornecidas pelos alunos para o estudo dos conceitos em cada temática de investigação. Ressaltamos que na análise das tabelas, os valores absolutos identificados não representam o número de alunos, mas a quantidade de indicadores observados nos discursos obtidos quando comparados aos demais da mesma temática de investigação.

Tabela 19 – Apresentação do total de indicadores obtidos em cada relação psicológica de interesse nas temáticas de investigação.

Total de indicadores obtidos a partir do interesse dos alunos	Relações psicológicas de interesse					
	Interessante	Motivador	Prazeroso	Compreensível	Fascinante	Facilitador
Temática 1	10	13	6	6	12	4
Temática 2	24	11	7	3	-	-
Temática 3	3	5	2	4	-	-
Temática 4	8	2	3	3	-	-
Temática 5	9	5	2	10	-	-

Percebemos a relação psicológica de interesse que remete a fascinação, na qual está em destaque no inicio do módulo de ensino (temática 1). Esta não foi identificada nos discursos presentes nas demais temáticas. Entendemos que a astronomia surge com esse importante papel no ensino de ciências, porque ela é um elemento por si só fascinante. Os indicadores de fascinação deixam de aparecer nas demais temáticas, o que indica um inicio de deslumbre dos alunos pelos tópicos dos encontros. Como após sua execução os alunos já foram inseridos no contexto do nosso estudo, estes aspectos perdem o destaque nos discursos apresentados e outras relações de interesse passam a ser dominantes. Entendemos esta interpretação como relevante, pois a fascinação foi o primeiro elemento que levou o aluno ao estudo e a procura do conhecimento no desenvolvimento do módulo de ensino.

Os dados descrevem que a manifestação dos alunos ocorre por relações “motivacionais” desde o início do módulo de ensino no estudo das temáticas, porém observamos um decréscimo no número de indicadores obtidos. Isso não ocorre na relação de interesse pela “compreensão” dos conhecimentos, pois o número de indicadores se mantém estáveis e apresentam um relativo crescimento na última temática de investigação. Entendemos que a motivação se mantém durante todo o

processo como característica principal ao estudo do módulo de ensino, contudo inferimos que o destaque na compreensão dos conceitos se manifesta na verdadeira relação psicológica de interesse dos alunos no estudo de FMC e Astronomia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos destacar ao longo deste estudo um processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea e Astronomia que não ou quase nunca são abordados na educação básica. Consideramos válido destacar que esta abordagem se apresentou como uma proposta inovadora e diferenciada das encontradas no ambiente de pesquisa da área. Outro aspecto que a diferencia, está relacionado às atividades e recursos didáticos utilizados para o planejamento e a execução do módulo de ensino junto ao ambiente escolar.

Os modelos representacionais que se apresentam como atividades e recursos didáticos de ensino, indicados nos quadros de nº 4 a 10 e no produto educacional deste trabalho, se destacaram como um grande recurso de auxílio no desenvolvimento dos tópicos abordados no módulo de ensino. As atividades desenvolvidas utilizaram os modelos representacionais como “instrumentos”, os quais permitiram o entendimento do fenômeno físico que apresenta um significado, conforme Vygotsky (1991), descreve a função dos instrumentos como mediadores no entendimento da natureza.

Verificamos que o Modelo Representacional da Constelação do Cruzeiro do Sul se apresentou como objeto mediador para o entendimento e a formação do conceito de escala do universo pertencente a etapa nº 1 do módulo de ensino. Observamos que os indicadores obtidos na relação de interesse da temática 1 destacaram a relevância do modelo representacional como objeto de estudo “fascinante” e “motivador” no entendimento da escala do universo. O mesmo ocorre com os modelos representacionais para o estudo da “massa e da expansão do universo” e no entendimento da “deformação do espaço”.

Identificamos a relevância destacada pelos alunos da presença dos modelos representacionais como auxílio para o entendimento dos conceitos. Independente do momento de participação das atividades ou da natureza da relação desenvolvida pelo aluno, os modelos representacionais se fizeram presentes nas descrições dos discursos, em destaque nas transcrições das questões e nas ilustrações obtidas das temáticas de investigação.

Entendemos ainda que os modelos representacionais se apresentaram como um recurso no auxílio à formação dos conceitos científicos destacados por esse

estudo. Nem sempre obtivemos a resposta correta quando solicitamos que o aluno descrevesse o seu entendimento nas questões de verificação dos significados, porém na sua representação, questões de nº 7, houve o entendimento correto do conceito abordado na etapa. Isto possui respaldo em Vygotski (1991), quando descreve que a linguagem gráfica (ilustrações, desenhos e pinturas) tem como base a linguagem verbal, portanto, as ilustrações decorrem dos conhecimentos internalizados pelos alunos no estudo.

No geral, observamos que os dados destacaram a relação da atividade prática refletida e da atividade social, na interação entre o grupo e os objetos de estudo, como o que mais chamou a atenção durante as atividades do módulo de ensino. Esses aspectos se apresentam reincidentes em todas as temáticas de investigação, como observado na relação de interesse destacada pelos modelos representacionais e nas ilustrações das atividades realizadas em conjunto. Assim, entendemos que o adolescente é um experimentador que aprende experimentando, seu aprendizado se desenvolve durante a execução das atividades e em contato com os objetos de estudo. Isto se encontra em conformidade com Vygotsky, no qual descreve que o desenvolvimento do aluno ocorre através da interação com o outro e na mediação pela linguagem e pelos significados.

A ação do professor ocorreu na mediação com os modelos representacionais durante os momentos de estudo vivenciados pelos alunos. Entendemos essa ação como justificativa para a relevância fornecida pelos alunos sobre os momentos vivencia - dos, por exemplo, nas ilustrações das atividades manuais realizadas durante os encontros. Identificamos que o ambiente de estudo desenvolvido durante os encontros motivou os alunos e permitiu a interação para o desenvolvimento das atividades e a construção dos modelos representacionais, oferecendo uma saída para o convencionalismo da sala de aula.

O planejamento e a construção das etapas de desenvolvimento do módulo de ensino foram realizados com o objetivo de se inserir as atividades e o estudo das situações problemas, rompendo a barreira de interação entre o professor e o aluno. Observamos que o uso das apresentações dos vídeos, atividades e modelos representacionais no início de cada etapa proporcionou um ambiente no qual o aluno se sentiu questionado em saber o que representava o fenômeno e qual era seu significado. De fato, o desenvolvimento das atividades buscaram fazer com que os

alunos refletissem e, assim, ocupassem um papel principal no estudo dos conceitos científicos, sendo o professor o mediador na interação entre os objetos didáticos e os integrantes do grupo.

Nesse contexto, concluímos que os alunos elaboraram e desenvolveram os entendimentos por meio da interação e da mediação com o outro e com os objetos oferecidos para o estudo das atividades, uma vez que foram realizadas coletivamente e voltadas para um objetivo de aprendizado e/ou a resolução de um problema. Assim, consideramos que a apropriação dos significados identificados pelos discursos, necessários para elaborações e descrições dos conceitos, ocorreram a partir dos processos interativos dos alunos.

No que tange à organização do módulo de ensino, realizamos a sua construção descrevendo uma hierarquia de generalidade na abordagem dos significados durante a sequência de estudo. A última temática de investigação aborda significados que exigem um grau de generalidade superior as demais, uma vez que ela descreve uma visão geral do universo conhecido hoje. As temáticas restantes apresentam outros graus de generalidade, por exemplo, para o entendimento da deformação do espaço, durante a temática 4, é necessário que se tenha apropriado os significados da escala de tamanho e da concentração de massa no universo, temáticas de nº 1, 2 e 3 respectivamente. Enfim, descrevemos que a existência de uma serie de significados subordinados pressupõe uma hierarquia para o entendimento do conceito de espaço em Física Moderna e Contemporânea.

Inferimos que há indícios da formação dos conceitos científicos pelos alunos na apropriação dos significados no decorrer do módulo de ensino, porém, destacamos a complexidade do processo de formação de conceitos, a qual exige certo grau de abstração e generalidade no desenvolvimento do pensamento dos alunos e na apropriação dos significados. Como exemplo, descrevemos que o entendimento de deformação do espaço exige um grau de abstração a partir da sua concepção geométrica clássica, identificada na sondagem inicial, para o entendimento de um espaço físico modelado pela presença da massa. Entendemos que os conceitos de FMC necessitam de um estágio superior de desenvolvimento da abstração aos incentivados na escola para o estudo da Física Clássica.

Contudo, apesar da complexidade apresentada acerca do entendimento dos conceitos, identificamos as contribuições dos objetos de estudo em cosmologia para o

entendimento de espaço em FMC. Os objetos utilizados se apresentam pelos modelos representacionais e simulações realizados durante as etapas de estudo. O modelo de representação da Constelação do Cruzeiro do Sul (GARCIA; CORRÊA, 2014), contribuiu para a percepção do aluno a respeito da dimensão do universo na relação de distância dos objetos celestes e para desmistificar a sua visão planar da observação direta no céu noturno, conforme observamos nos discursos e nas representações da temática 1.

A construção do diagrama HR em escala, realizado na temática 2, contribuiu para o entendimento da distribuição de massa e volume na relação das estrelas conhecidas, do mesmo modo que a dimensão de tamanho e massa se comparado ao nosso Sol. Identificamos estas contribuições nas ilustrações e descrições dos significados realizados pelos alunos durante a temática.

As atividades de simulação do espaço em expansão e do afastamento das galáxias, descritas na 3ª temática de investigação, contribuíram para o entendimento do comportamento do universo multigaláctico, em sua característica expansiva, e para a revelação de uma origem do universo, o primeiro pilar do que seria a teoria do Big Bang.

As ilustrações obtidas na 4ª temática de investigação e as descrições dos fenômenos nos discursos transcritos das questões, descrevem que a atividade do tecido do espaço e o Modelo Representacional na Deformação do Espaço (GARCIA; CORRÊA, 2015), contribuíram para o entendimento de uma deformação provocada pela presença de objetos massivos e na relação de seu significado com o conceito de gravidade para a FMC.

Ademais, observamos que grande parte dos alunos relacionaram suas respostas na resolução dos problemas, apresentados pelas questões de nº 6 dos questionários, identificando soluções no uso dos significados desenvolvidos na etapa. Para Vygotski (1991), o aluno que apresenta uma dificuldade para definir o seu entendimento "formará e utilizará muito corretamente um conceito numa situação concreta, mas sentirá uma estranha dificuldade em exprimir esse conceito por palavras e a definição verbal". As situações concretas nas quais nos referenciamos estão relacionadas as atividades manuais e construção dos modelos representacionais presentes em todas as temáticas, com exceção da última que se fez no estudo do painel de evolução do universo. Assim, também observamos alunos que não responderam ou não

descreveram uma solução ao problema, porém representaram os significados estudados com base na linguagem gráfica, pelas ilustrações presentes em todas as temáticas de investigação.

No que se refere à relação de interesse do grupo, identificamos durante a aplicação do módulo de ensino e na análise das temáticas de investigação que os alunos iniciam os estudos com uma grande perspectiva motivacional de interesse, que no decorrer da sua execução permitiu correlações às descobertas do conhecimento em Física Moderna e Contemporânea e Astronomia. Não estamos julgando a existência de um decréscimo de motivação, mas que a descoberta e o interesse pelo conhecimento tenha se destacado após um período de adaptação à abordagem utilizada. Entendemos que esta percepção indica um amadurecimento do grupo.

Por fim, evidenciamos a importância da presença dos modelos representacionais como auxílio à demonstração e simulação de fenômenos que muitas vezes exigem um alto grau de abstração para seu entendimento e o desenvolvimento dos significados. O uso estratégico destes equipamentos surgiu favorável à execução e representação dos fenômenos, iniciando sua ação na atividade prática refletida pela mediação do professor e dos objetos educacionais, para o desenvolvimento do pensamento do aluno e a apropriação dos significados. Mais que um módulo de ensino que buscou construir conceitos de abordagem formal ou complexa no uso de modelamentos matemáticos sofisticados, esta pesquisa se fez na retirada do aluno de um estado de “absorção de informações” para colocá-lo em uma posição ativa do processo de ensino e aprendizagem, objetivando identificar as contribuições do estudo para a formação dos conceitos. Contudo, identificamos a necessidade de uma análise deste processo de formação a partir das observações dos discursos verbais pautados na análise do pensamento e da linguagem do alunos em sala de aula. Esperamos a continuação desta pesquisa como forma de suprir esta necessidade identificada.

6.1 Resultados em publicações

Algumas publicações foram obtidas no decorrer do desenvolvimento dessa pesquisa. O materiais produzidos e que compõe o produto educacional foram aceitos

pelos eventos de divulgação da área e seus artigos incluídos nos anais na área de Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino.

O modelo com representação tridimensional do cruzeiro do sul como atividade para o ensino de Astronomia foi apresentado no **III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA)** realizado, em 2014, na cidade de Curitiba no estado do Paraná. O trabalho descreve que a Astronomia por si só se encontra nas escolas públicas como um tema de interesse dos alunos do ensino médio e uma proposta de atividade para o ensino de conceitos da temática Escala do Universo e Medidas de Distâncias Astronômicas e apresentada, utilizando à construção de um modelo representacional da constelação do Cruzeiro do Sul, Crux, com medidas em escala das distâncias reais das estrelas. Essa atividade está presente no segundo encontro da primeira etapa do módulo de ensino da EFJA, na qual esta pesquisa se insere. (GARCIA; CORRÊA, 2014) (ANEXO II)

O modelo para a representação da deformação do espaço como atividade de FMC para o ensino médio foi apresentado no **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)** realizado, em 2015, na cidade de Uberlândia no estado de Minas Gerais. O trabalho traz uma proposta para o ensino de conceitos de relatividade, utilizando um modelo representacional da deformação do espaço na presença de objetos massivos. Essa proposta de atividade está presente no segundo encontro da quinta etapa do módulo de ensino da EFJA, na qual integra esta pesquisa. O trabalho apresenta uma forma diferente de abordar conceitos de Física Moderna e Contemporânea, visto a necessidade de estratégias e metodologias que visem estimular seu estudo. (GARCIA; CORRÊA, 2015) (ANEXO III)

Os trabalhos apresentados geraram contribuições para a pesquisa, pois ambos foram convidados para a sua realização na forma de oficina no Encontro Nacional de Astronomia (ENAST) e a indicação de submissão, também como oficina, para o 4º SNEA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. L. F. ; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

ANDRADE, R. R. D. ; NASCIMENTO, R. S. ; GERMANO, M. G. Influências da física moderna na obra de salvador Dalí. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 3: p. 400-423, dez. 2007.

ARRUDA, S. M. ; VILLANI, A. Sobre as origens da relatividade especial: relações entre quanta e relatividade em 1905. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13,n1: p.32-47, abr.1996.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal; Edições 70, BR:Martins Fontes, 1977.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. (Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro) Lisboa, Portugal; Edições 70, 1988.

BASSALO, J. M. F. Aspectos Históricos das Bases Conceituais das Relatividades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 19, n 2, junho, 1997.

BERMAN, M. S. O ensino de relatividade geral na graduação. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 9, n. 1, 1987.

BEZERRA, V. A. Estruturas conceituais e estratégias de investigação: modelos representacionais e instanciais, analogias e correspondência. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 585-609, 2011.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação.** Porto Editora, Portugal, 1991.

BRASIL, **Diretrizes Nacionais Curriculares para a Educação Básica.** Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

CAMINO, N. Aprender a imaginar para comenzar a comprender: Los "modelos concretos" como herramientas para el aprendizaje en astronomía. **[Versión electrónica] Revista Alambique**, n.42, 2004.

CANATO JUNIOR, O. ; MENEZEZ, L.C. A física moderna e contemporânea como facilitadora do aprendizado em rede. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/590.pdf>

CARUSO, F. ; FREITAS, N. Física moderna no Ensino Médio: o espaço tempo de einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2: p. 355-366, ago. 2009.

CAVALCANTI, L. S. **Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino de Geografia**. Caderno Cedes, Campinas, vol. 25, n. 66, p. 185-207, 2005.

CINDRA, J. L. Esboço da evolução histórica do princípio de relatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, n. 1-4, 1994.

CONTO, G. ; LIMA, A. ; ORTEGA, P. H. ; SCHMITZ, E. R. Cálculo K: Uma abordagem alternativa para a relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, 2013.

DIAS, C. A. C. M. ; RITA, J. R. S. Inserção da Astronomia como disciplina curricular do ensino médio, **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia** - RELEA, n. 6, p. 55-65, 2008.

DAMINELI, Augusto ; STEINER, João. **O Fascínio do Universo**. São Paulo: Odysseus, 2010.

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

EISENSTAEDT, J. ; FABRIS, J. C. Amoroso Costa e o primeiro livro brasileiro sobre a Relatividade Geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 185 – 192, 2004.

FABRIS, J. C. ; VELTEN, H. E. S. Cosmologia neo-newtoniana: um passo intermediário em direção à relatividade geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 2012.

FALCIANO, F. T. Geometria, espaço-tempo e gravitação: conexão entre conceitos da relatividade geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 2009.

FONTANA, R. A. ; CRUZ, N. **Psicologia e Trabalho Pedagógico.** São Paulo: Atual, 1997.

FREIRAS, N. K. Desenvolvimento humano, organização funcional do cérebro e aprendizagem no pensamento de Luria e de Vygotsky. **Ciências & Cognição**, v. 09: p. 91-96, 2006.

GARCIA, D. S. ; CORRÊA, H. P. S. **Um modelo com representação tridimensional do cruzeiro do sul como atividade para o ensino de Astronomia.** III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – SNEA, Curitiba, 2014.

_____. **Um modelo para a representação da deformação do espaço: uma atividade de FMC para o ensino médio.** XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, Uberlândia, 2015.

GIL, A. C., **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 2006.

GÖDEL, K. Uma nota acerca das relações entre a teoria da relatividade e a filosofia idealista. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 521-524, 2006.

GUERRA, A. ; BRAGA, M. ; REIS, J. C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

GUERRA, A. ; REIS, J. C. ; BRAGA, M. 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.

IAG/USP, **Curso à distância de Astrofísica Geral do Observatório Nacional**, 2013. Disponível em: <http://www.on.br/ead_2013/>

IVIC, I. **Lev Semenovitch Vygotsky (Coleção Educadores).** In: Ivan Ivic; Edgar Pereira Coelho (org.) – Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Massangana, 140 p. 2010.

IZQUIERDO, M. ; SANMARTÍ, N. ; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, 17 (1), 45-59, 1999.

KARAM, R. A. S. ; CRUZ, S. M. S.C. S. ; COIMBRA, D. Relatividades no Ensino Médio: o debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 105-114, 2007.

KÖHNLEIN, J. F. K. ; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1: p. 36-70, abr. 2005.

KRAPAS, S. ; QUEIROZ, G. ; COLINVAUX, D. ; FRANCO, C. **Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências.** Investigações em Ensino de Ciências (eletrônica), n.3, vol. 2. Brasil. Instituto de Física, UFRGS, 1997. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol2/n3/krapas.htm>.

LANGHI, R. ; NARDI, R. Ensino da Astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 2009.

LANGHI, Rodolfo. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores.** Bauru: UNESP, 2009. 370 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências, Bauru-SP. 2009.

LOCH, J. ; GARCIA, N. M. D. **Física moderna e contemporânea na sala de aula do ensino médio.** VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis.

LOPES, W. O raio real do Sol. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.11, n2: p.115-122, ago.1994.

LURIA, A. **El Cérebro em Acción**. Barcelona: Fontanella, 1976.

MARTINS, R. A. O éter e a óptica dos corpos em movimento: a teoria de fresnel e as tentativas de detecção do movimento da terra, antes dos experimentos de Michelson e Morley (1818-1880), **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1: p. 52-80, abr. 2012.

MEDEIROS, A. ; MEDEIROS, C. F. Einstein, a física dos brinquedos e o princípio da equivalência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3: p. 299-315, dez. 2005.

OLIVEIRA, Marta Kohl, **Aprendizado e desenvolvimento: Um processo sócio-histórico.** Scipione, 1997.

OSTERMANN, F. ; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física,** v. 18, n. 2: p. 135-151, ago. 2001.

OSTERMANN, F. ; MOREIRA, M.A. Física Contemporânea en la escuela secundaria: uma experiência em el aula involucrando formación de profesores. **Ensenãanza de lãs Ciências,** v. 3, n. 18: p. 391-404. Barcelona, 2000. Disponível em: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v18n3p391.pdf>

OSTERMANN, F. ; MOREIRA, M.A. Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Área de Pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências,** v. 5(1): p. 23-48. Porto Alegre – RS, 2000.

OSTERMANN, F. ; RICCI, T. F. Relatividade restrita no Ensino Médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n.2: p. 176-190, ago. 2002.

OSTERMANN, F. ; RICCI, T. F. Relatividade restrita no Ensino Médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1: p. 83-102, abr. 2004.

PESSANHA, E. C. ; SILVA, F. C. T. Tempo de cidade, lugar de escola. **Cadernos de História da Educação** – no. 5 – jan./dez. 2006.

PINO, A. **O social e o cultural na obra de Vigotski**. Educação & Sociedade, Campinas: CEDES, no 71, pp. 45-78, 2000.

PORTO, C. M. ; PORTO, M. B. D. S. M. Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, 1603, 2008.

RENN, J. 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, 2004.

RODRIGUES, C. M. ; SAUERWEIN, I. P. S. ; SAUERWEIN, R. A. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS Revista. **Brasileira de Ensino de Física,** v. 36, n. 1, 1401 2014.

ROSA, P. R. S. **Uma introdução à pesquisa qualitativa no ensino de ciências.** Editora UFMS, 2011.

SANTOS, R. P. B. Relatividade restrita com o auxílio de diagramas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2: p. 238-246, ago. 2006.

SHIPMAN, H. L. Starting out: the dilemma of the benning college astronomy teacher. In: PASACHOFF, J.; PERCY, J. (org). **The teaching of astronomy**. Cambridge: U. Press, 1990.

SILVA, L. H. A. **A perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano: ideias para estudo e investigação do desenvolvimento dos processos cognitivos em ciências.** In: GULLICH, R. I. C. (org.). Didática das Ciências. Curitiba: Prismas, 2013.

SILVEIRA, F. L. ; PEDUZZI, L. O. Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1: p. 26-52, abr. 2006.

SOLER, D. R. ; LEITE, C. **A importância e justificativas para o ensino de Astronomia: um olhar para as pesquisas da área.** II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, 2012, São Paulo.

STEINER, J. E. Buracos Negros: sementes ou cemitérios de galáxias? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. Especial: p. 723-742, nov. 2010.

TERRAZZAM, E. A. A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.3: p.209-214, dez. 1992.

UFMS, Pró-Reitoria de Extensão, Cultura e Assuntos Estudantis: **Projeto Escola de Formação de Jovens Astrônomos – 2014**, Campo Grande, 2014. Disponível em: <https://goo.gl/4pDwr5>

UFMS. **Revista Sinapse**. Ano 2. ed.5. Campo Grande - MS, 2014.

VAZ JUNIOR, J. A álgebra Geométrica do Espaço-tempo e a Teoria da Relatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 22, no. 1, Março, 2000.

VILLANI, A. A visão eletromagnética e a relatividade: o desenvolvimento das teorias de Lorentz e Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 7, n. 2, 1985.

VILLANI, A. Análise de um curso de introdução à relatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** s/n, 1985.

VYGOTSKI, Lev Semenovitch. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **Psicologia Pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

ANEXO

Anexo I – Transcrições das respostas dos questionários utilizados para coleta de dados na aplicação do módulo de ensino.

Orientações de leitura:

- Todas as informações deste anexo foram transcritas na integra, incluindo erros, palavras, termos, expressões e pontuações indicadas.
- As **unidades de registro** da análise de conteúdo foram destacadas em **negrito**.
- As *unidades de contexto* da análise de conteúdo foram destacadas em *itálico*.
- Os aluno foram nomeados pela letra **A** seguido de um numeral, por exemplo: **aluno 1 (A1).**
- As respostas são apresentadas por aluno e na sequência das questões pertencentes aos questionários, disponíveis no apêndice II.

TEMÁTICA 1 - O estudo das escalas astronômicas e de quão grande é o Universo.

Respostas obtidas dos questionários aplicados na etapa de nº 1 do módulo de ensino.

Questão nº 2

[A1] Eu gostaria de *saber o **quão grande** é o universo*.

[A4] **Nebulosas**, **constelações**, **fenômenos**.

[A5] **Nebulosas** e **estrelas**.

[A6] **Anos-luz**, **unidade astronômica** e **estrelas** próximas.

[A7] **Aprender mais** sobre a **distância** das coisas para **ter uma noção** melhor do **tamanho do Universo**.

[A8] **Constelações**, **nebulosas** e **buracos negros**.

[A9] **Nebulosas** e **estrelas.**

[A10] **Anos-luz** como medir (**entender**).

[A11] O **quão grande** é o **Universo**.

[A12] **Universo** e **nebulosa**, os dois.

[A13] **Unidade astronômica**, **anos-luz** e a **estrela** mais próxima.

[A14] **Estrelas** próximas da terra, **tamanho** do **Universo**.

[A16] **Anos-luz** e **unidade astronômica**.

[A17] As **distâncias** dos **planetas** e os luminosos como e criada.

[A18] **Aulas** mais **dinâmicas** como está de **simular** uma **constelação**.

[A19] O tamanho enorme do **Universo**.

[A21] O quão grande é o **Universo**.

Questão nº 3

[A1] **Construção de equipamentos** que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? Porque *eu gosto de* ***construir equipamentos*** e gosto muito de constelações.

[A4] O quão grande é o universo; construção de equipamentos que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? Apenas o fato do ser humano não conhecer os limites de tudo, a *probabilidade de descobertas é* ***fascinante***.

[A5] Estrelas próximas ao Sol; o quão grande é o universo. Por quê? Porque eu *acho* ***legal estudar*** o **Universo** e o que tem nele.

[A6] Distâncias relativas entre as estrelas de uma mesma constelação; o quão grande é o universo. Por quê? *Porque a* ***distância entre os objetos*** *no caso as* ***estrelas*** *são* ***incríveis****.*

[A7] Distâncias relativas entre as estrelas de uma mesma constelação; o quão grande é o universo. Por quê? *Para ter uma* ***melhor compreensão*** sobre todas essas coisas.

[A8] Estrelas próximas ao Sol; o quão grande é o universo. Por quê? ***Curiosidade*** *e por* ***entender mais*** sobre o assunto.

[A9] O quão grande é o universo; construção de equipamentos que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? Porque ***é legal*** *e* ***dinâmico*** *tentar* **visualizar** de uma **maneira palpável**.

[A10] Estrelas próximas ao Sol; construção de equipamentos que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? Ao pesquisar *sobre a* ***estrela*** *mais próxima da Terra, um* ***interesse súbito***. Certas estrelas me chamaram atenção e assim **gostaria** de **saber mais** sobre ela.

[A11] O quão grande é o universo; construção de equipamentos que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? *Quando "vejo" o quão grande é o Universo mais* ***eu penso*** que somos inferiores, e *que a* ***possibilidade*** *de* ***haver*** *outras vidas no Universo é gigante* assim como ele.

[A12] O quão grande é o universo; construção de equipamentos que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? *Porque acho extremamente* ***interessante*** ambas os temas.

[A13] Distâncias relativas entre as estrelas de uma mesma constelação; construção de equipamentos que proporcionam a visualização de

constelações em 3D. Por quê? Porque as ***distâncias entre os objetos*** *no caso as estrelas, são umas das coisas mais* ***assustadoras*** *e* ***incríveis****.*

[A14] Estrelas próximas ao Sol; o quão grande é o universo. Por quê? N/R

[A16] Estrelas próximas ao Sol; o quão grande é o universo. Por quê? Porque eu *tenho muito* ***interesse em saber*** *tudo* sobre isso.

[A17] O quão grande é o universo; construção de equipamentos que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? Porque é *meu* ***interesse estudar*** esses dois itens.

[A18] Estrelas próximas ao Sol; o quão grande é o universo. Por quê? Sempre tive **interesse** em conhecer mais sobre o **Universo**, e com esses encontros **aprender** mais sobre isso.

[A19] Medidas de distância utilizadas em astronomia; distâncias relativas entre as estrelas de uma mesma constelação; o quão grande é o universo; construção de equipamentos que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? Porque *é o que* ***gosto*** e *não mais que cálculos matemáticos e físicos.*

[A21] O quão grande é o universo. construção de equipamentos que proporcionam a visualização de constelações em 3D. Por quê? *Pela* ***noção*** *que me* ***proporciona***, do **tamanho do Universo e a distância dos astros**.

Questão nº 4

[A1] Não lembro kkk, mais eu acho que é *como calcular a* ***distância das estrelas*** *a terra.*

[A4] É a ***unidade de medida*** *na astronomia*, e a ***distancia*** *que a* ***luz*** *percorre no vácuo em* ***365 dias*** *terrestres.*

[A5] É a ***distância*** *da estrela até a Terra*. É *utilizada para* ***medir***. É o tempo que a luz percorre.

[A6] *É a* ***distância*** *que a* ***luz*** *percorre em* ***um ano***.

[A7] É a forma para saber a **distância**, *usando a* ***distância*** *que a* ***luz percorre*** *em* ***um ano****.*

[A8] Usada para medir ***distância*** *de estrelas ou planetas*.

[A9] *A medida (****distância****)* que a **luz** chega na Terra **em um ano**. *É utilizada para* ***medir a*** **distância** entre **estrelas** e **planetas**.

[A10] Uma ***unidade de medida****, utilizada para calcular a distância*, tipo a luz chega em um lugar e a gente calcula a distância.

[A11] ***Ano-luz*** *é os* ***anos*** *que a* ***luz*** *de uma estrela* ***demora*** *para* ***chegar*** *na Terra. É* ***utilizada*** *para* ***saber*** *a* ***distância*** *de um astro.*

[A12] *É a forma de* ***medir*** *as* **distâncias** entre as estrelas.

[A13] *Um* ***ano Luz*** *é a* ***distância*** *que a Luz percorre em* ***um ano****.*

[A14] *Ano luz é a* ***distância*** *que a* ***luz percorre*** *para* ***chegar*** *até nós.*

[A16] *Ano-luz é um* ***método*** *de* ***medida*** que os astrônomos usão **para saber** mais ou menos *a* ***distância*** *de* ***matéria*** *no universo.*

[A17] É o método de medir a distância das estrelas e planetas e usada desse jeito.

[A18] É a ***distância*** *que a luz percorre durante* ***um ano***.

[A19] É uma **unidade** de **medida**. *É* ***utilizada*** *para* ***medir distância*** *entre pontos* no universo.

[A21] É uma **medida** de **distância**, quanto demora para a **luz** percorrer em certo tempo *no caso,* ***um ano***, e a **distância** que ela cobre nesse tempo. É *utilizada para* ***medir distâncias*** de astros.

Questão nº 5

[A1] Não sei kkk ^^

[A4] É a ***distância*** *da Terra até o Sol*.

[A5] É a ***distância*** *da Terra ao Sol*.

[A6] N/R

[A7] **Unidade** usada para **medir** objetos no espaço.

[A8] *Medida de* ***distância***, por exemplo, ano-luz...

[A9] ***Distância*** *da* ***Terra*** *até o* ***Sol****.*

[A10] É o tipo de “medição”, utilizada para *medir as* ***distâncias***, como por exemplo, distância da Lua.

[A11] N/R

[A12] É a ***distância*** *da* ***Terra*** *até o* ***Sol****.*

[A13] N/R

[A14] N/R

[A16] N/R

[A17] *Unidade astronômica é a* ***medida*** *da* ***terra*** *de um* ***planeta*** qualquer.

[A18] *Medir **distâncias***, temperaturas, enfim medir tudo na astronomia.

[A19] N/R

[A21] *São **medidas** de **astronômica***; **distâncias**, comprimento, etc. *Usadas para comparar distância*, tamanho de astros.

Questão nº 6

[A1] ***Muito grande** eu acho porque a Terra do tamanho que é o universo já é grande então se for do tamanho de um grão de areia vai ser **muito grande***.

[A4] Da mesma **proporção** da **areia** ser *um **planeta** e a **galáxia*** um universo.

[A5] Do **mesmo tamanho**. *Pois não mudaria nada,* seria do **mesmo tamanho**.

[A6] N/R

[A7] *O **Universo** teria o **tamanho do Sol**,* pois é a melhor representação do tamanho nessa dimensão.

[A8] Talvez *não poderia ser **visto** mais a **olho nu***, *mas por **radiação***.

[A9] *Do tamanho de um **planeta***.

[A10] N/R

[A11] *Milhares de **morros de areia***, pois a ***Terra** não é nada comparada ao **universo***.

[A12] *Do **tamanho** da nossa **galáxia**.*

[A13] N/R

[A14] *Seria **infinito*** do mesmo jeito, pois a ***terra** comparada ao **universo** é muito pequena.*

[A16] Se nós praticamente *não sabemos o **tamanho** do nosso **universo*** atualmente ***imagina** saindo de um grão de areia.*

[A17] *Não mudaria o **tamanho** do **universo** por que o universo é um **tamanho** que se os **planetas fossem** maiores ou menores **não mudaria** a medida.*

[A18] *A **mesma** pois o universo não é finito.*

[A19] *O tamanho do **planeta terra**.*

[A21] *Do **tamanho** do **oceano**. Porque nosso planeta é como um grão de areia no oceano inteiro, comparado ao universo.*

Questão nº 7

[A1] Não estou apaixonada por causa da frase kkk mais sei lá tudo que eu

desenhei foi o que passou na minha cabeça e no meu coração S2. *Meu desenho é simples é apenas* ***estrelas*** *(****varias estrelas****) e um* ***eclipse****!*

[A4] Que a *nossa* ***via láctea*** *se refere ao* ***planeta*** *que está em outra* ***Galáxia****.*

[A5] Esta é o **Universo**, um **Sol**, **estrelas**, **planetas**.

[A6] O universo visível.

[A7] ***Aglomerado*** *de* ***massa*** *que não sabe ao certo o que ocorre lá e em suas proximidades.*

[A8] **Buracos negros**, **nebulosas**... *porém não ficou muito parecido.*

[A9] *É a representação de uma* ***nebulosa****.*

[A10] Como o início dos encontros, ainda estou estudando!

[A11] ***Constelação alpha Centauri****, é um sistema composto por 3* ***estrelas, alpha Centauri A, alpha Centauri B*** *(que é um sistema binário representado na imagem) e a* ***próxima Centauri*** *que é a mais próxima da Terra, que orbita entre a* ***alpha A e B.***

[A12] É o **fim do universo**, *como nos vimos no vídeo em um dos encontros.*

[A13] **Universo** *de duas dimensões.*

[A14] **Alpha centauri**.

[A16] *Minha representação foi sobre o* ***cruzeiro do sul*** *e uma* ***constelação*** *que eu admiro muito.*

[A17] A visualização *no* ***equipamento*** *criado pode* ***visualizar*** *as estrelas as constelações* ***em 3D*** como uma foto *que se* ***ve plano*** *mais em* ***3D***.

[A18] **Estrelas** no **universo**, *bem style...*

[A19] *Uma* ***maça****, em um* ***campo****,* ***céu estrelado****.*

[A21] **Nosso sistema** está em um dos braços de **nossa galáxia**, considerando que existe uma grande **concentração de massa** nela. *Essa representação mostra que somos (****nosso sistema, planeta****, etc), extremamente* ***pequenos*** *no* ***universo****.*

TEMÁTICA 2 – O estudo da massa e raio solar com relação a massa do Universo.

Respostas obtidas dos questionários aplicados na etapa de nº 2 do módulo de ensino.

Questão nº 2

[A1] A **transformações das estrelas**, como ele nasce.

[A4] Medidas de **massa das estrelas**, **classificação espectral**.

[A5] Medida de **massa das estrelas**, **gigantes** estrelas.

[A8] **Raios solares e massas**, localizações e etc.

[A9] **Classificação espectral**

[A11] **Diagrama HR**, pois foi uma "coisa" *que achei interessante* e foi bom saber localizar as estrelas a partir da massa do Sol.

[A14] **Massa solar e raio solar**.

[A16] **M☉ e R☉**.

[A17] A **medida da massa** das estrela e do **raio**.

[A19] O **processo de formação** de um **buraco negro**.

[A21] A respeito das **densidade das estrelas** (sua massa).

Questão nº 3

[A1] A massa da estrela x classificação espectral. Por quê? Porque eu achei **legal**, e *acho que tem mais coisa para saber do assunto*.

[A4] A massa da estrela x classificação espectral; Diagrama HR (massa e raio solar). Por quê? Achei *bem **interessante** a variabilidade*.

[A5] Medida de massa das estrelas. Por quê? Porque é um assunto legal, fácil de ser compreendido, estuda e abrange o universo.

[A8] A massa da estrela x classificação espectral; **Diagrama HR** (massa e raio solar). Por quê? Porque eu não gravei direito e achei interessante.

[A9] A massa da estrela x classificação espectral. *Por quê? **Porque eu gostei** do assunto, **achei interessante** e **fácil de entender**.*

[A11] Medida de massa das estrelas; A massa da estrela x classificação espectral. Por quê? Porque é o que mais *me chama atenção* em ser ***interessante***.

[A14] M☉; R☉; Medida de massa das estrelas. Por quê? Porque foram as que *mais me **interessaram***.

[A16] Medida de massa das estrelas, Diagrama HR (massa e raio solar). Por quê?

Porque a ***curiosidade*** *é muita*.

[A17] Medida de massa das estrelas; Diagrama HR (massa e raio solar). Por quê? Porque meu ***interesse*** *é me aprofundar mais* nesses que eu marquei.

[A19] Medida de massa das estrelas; A massa da estrela x classificação espectral. Por quê? *Porque estes me* ***chamou mais atenção***.

[A21] A massa da estrela x classificação espectral; Diagrama HR (massa e raio solar). Por quê? Pelo ***meu interesse*** *nas classificações*. E não gravei totalmente o diagrama HR.

Questão nº 4

[A1] Não lembro direito mais vou tentar, *corresponde com a* ***massa do sol*** utilizada como ***comparação*** *com outras estrelas*.

[A4] *É a* ***medida de massa*** *das estrelas em relação ao sol.*

[A5] N/R

[A8] Para medir a **massa do sol** onde ele fica.

[A9] Não sei, porque eu faltei nesse encontro.

[A11] É a **massa do Sol** utilizada *para localizar outras estrelas a partir dele.*

[A14] É a **unidade de massa do sol** e é *utilizada para comparar a massa de uma outra estrela maior*.

[A16] É a medida de massa da estrela. Ela é usada para medir a massa solar de uma estrela.

[A17] *É a* ***medida de massa*** *da estrela.*

[A19] Unidade de **massa solar** corresponde a **massa do Sol**. *É utilizada como comparação com estrelas maiores.*

[A21] *É a* ***massa do Sol****. A partir da massa Solar* (densidade da nossa estrela), ***calculamos a massa*** *de outras estrelas.*

Questão nº 5

[A1] O ***raio do sol*** *que é utilizado como referência para as outras estrelas.*

[A4] *É a* ***medida do raio estrelar*** *em relação ao nosso sol.*

[A5] O **raio solar** e á *metade do diâmetro.*

[A8] Para **medir o raio**, *localização e calcular.*

[A9] Não sei, porque faltei no dia desse encontro.

[A11] É o **raio do Sol** utilizado para *comparar com estrelas maiores.*

[A14] *É a **unidade de comprimento** criada na astronomia para medir distâncias.*

[A16] Ela é utilizada para medir o raio de uma estrela.

[A17] *Ela é usada para **medida um raio*** ou a intensidade do raio.

[A19] Unidade de raio solar corresponde ao **raio do Sol**. É utilizada *como base para entender o **raio** de uma estrela maior*.

[A21] *É o **tamanho do Sol**.* Como é a nossa estrela, *utilizamos da **área** dele **para medir** a área de outras estrelas.*

Questão nº 6

[A1] A maior estrela conhecida teria o tamanho da terra porque a terra seria maior que o sol.

[A4] N/R

[A5] Seria **menor que muitos planetas**.

[A8] *Tamanho de até **30 M☉** e **100 R☉**.*

[A9] Não sei, porque faltei no dia desse encontro.

[A11] Do ***tamanho do Sol**, pois existe muitas estrelas maiores que o Sol,* como as gigantes azuis e vermelhas.

[A14] Seria *aproximadamente do **tamanho da Terra***.

[A16] *Ia ser **extremamente pequena***...

[A17] Seria pequena uma estrela pequena demais para observar a olho nu.

[A19] O **tamanho da maior estrela** conhecida *será aproximadamente o tamanho do Sol.* Pois o Sol *é mínimo em comparação a estrelas maiores.*

[A21] Seria *do tamanho de algo que coubesse **100 laranjas**.* Não tão denso (em comparação ao Sol).

Questão nº 7

[A1] **As estrelas**.

[A4] N/R

[A5] Tentei representar as **gigantes estrelas** que estudamos.

[A8] A **maior** é **laranja** e o **Sol**.

[A9] Tentei representar **duas fases** de uma, o **começo** e o **fim**.

[A11] São **estrelas gigantes azuis**, **vermelhas** e **estrelas vermelhas** e **azuis**.

[A14] N/R

[A16] Eu tentei fazer a **representação** da **massa** e do **raio** de **uma estrela**.

[A17] É a massa de uma estrela e o raio dela que nos estudamos nessa semana.

[A19] Estrelas que estudamos.

[A21] Os **conceitos estudados** foram a **variação em tamanho e massa**. E a diferença em emissão de calor e energias (classificação). *Onde estrelas são classificadas de acordo com a* ***massa e raio solar*** (a partir do sol).

TEMÁTICA 3 – O estudo do Universo de Hubble.

Respostas obtidas dos questionários aplicados nas etapas de nº 3 e 4 do módulo de ensino.

Questão nº 2

[A1] Como o **espaço é moldado** porque foi o que mais chamou minha atenção.

[A5] **Gostaria de rever o espaçamento**/ **calha** que há no universo **através** de uma **demonstração**.

[A9] A **expansão do universo**, pois *é um assunto que gera discussão e que da para debater.*

[A11] **Deformação do espaço**, porque *é realmente legal saber como o espaço* funciona, e *como ele reage com a presença algo como* ***peso***.

[A19] **Gravidade**, pois foi o qual *mais me chamou a atenção*.

[A21] Expansão do universo e localização das galáxias. Quero descobrir se as galáxias estão fixas no universo e se sim, por quê.

Questão nº 3

[A1] Hubble e a descoberta das galáxias; A expansão do universo. Por quê? Coisas *que me chama a* ***atenção***.

[A5] Hubble e a descoberta das galáxias; A expansão do universo. Por quê? *Porque são dois* ***assuntos legais*** *de* ***discutir*** *e se* ***aprofundar*** *neles*, pois são bem amplos e **fáceis de estudar**.

[A9] A expansão do universo. Por quê? *Porque foi um assunto* ***interessante****.*

[A11] Hubble e a descoberta das galáxias; A expansão do universo. Por quê? **Onde estamos?** Onde, neste enorme tudo - o - que – existe, está localizado o sol e sua família? Essas são perguntas simples ***que quero aprender a responder estudando*** *Hubble e a descoberta das galáxias*; *Assim como também* ***quero aprender a responde*** *o quando o universo expandia desde sua criação*? Estudando a **expansão do universo**.

[A19] Estrela variáveis; A **expansão do universo**. Por quê? Pois *foi os que mais* ***entendi****,* os outros foram um pouco confusos.

[A21] Estrelas variáveis; A expansão do universo. Por quê? *Quero* ***entender*** *melhor poque* as estrelas variam e se tem algo com a **expansão do universo** (distancia que modifica a luz das estrelas)

Questão nº 4

[A1] N/R

[A5] A grande descoberta *foi a* ***galáxia***.

[A9] Ele *descobriu a* ***galáxia***.

[A11] Descobriu a *existência de* ***novas galáxias****, como a Andrômeda*.

[A19] As ***galáxias*** *estavam aumentando*, ou seja, o *universo estava em* ***expansão***.

[A21] Ele descobriu que as galáxia estavam se afastando uma das outras, baseou-se na relação linear (linha reta) entre a distância das galáxias até nós e velocidade com que se afastavam de nós.

Questão nº 5

[A1] Ele descobriu que o universo estava em expansão.

[A5] *Que o* ***universo*** *está se* ***expandindo***.

[A9] Descobriu que a *esquerda é* ***menor*** *e para a direita a* ***frequência*** *é* ***maior***.

[A11] *Descobriu que todas as* ***galáxias*** *do universo estão* ***se afastando*** *de nós* e que o universo está evoluindo ao contrário do que os antigos acreditam.

[A19] ***Atividade do elástico*** *no final.*

[A21] *Um universo em* ***expansão***, *quando* ***mais distante*** *a galáxia está,* ***mais*** *rápido ela* ***se afasta*** (de nós). Ou seja, não estão se movendo, mas *o* ***espaço*** *entre elas está* ***dilatando****.*

Questão nº 6

[A1] N/R

[A5] *Ocorre de forma* que as **estrelas** são *ganhando* ***mais massa*** e onde são ausente e empurrando os outros*, assim* ***expandindo****.*

[A9] As ***estrelas*** *estão ganhando* ***mais massa*** e assim **crescendo** *fazendo com que haja a* ***expansão****.*

[A11] N/R

[A19] N/R

[A21] Quando ***mais distante*** *a galáxia está,* ***mais rápido*** ela se afasta (de nós). Ou seja, não estão se movendo, mas o espaço entre elas está dilatando.

Questão nº 7

[A1] *Exemplo citado no* ***filme*** *quando* ***Eddington*** *explica como* **o universo é mondado**.

[A5] Essa representação significa o redshift, desvio para o vermelho, um assunto bem legal de ser estudado!

[A9] É a **representação** entre a **Terra e o sol**.

[A11] ***Representação*** *baseado no* ***experimento*** *do* ***encontro passado****, sobre a* ***deformação do espaço*** *que ele é* ***moldado****, mas quando à* ***presença*** *de* ***massa*** *sua forma é modificada.*

[A19] **Telescópio espacial Hubble**.

[A21] **Representação de duas galáxias**, se usássemos uma delas como ponto de referência, a expansão do universo aconteceria e influenciaria na distância entre elas da seguinte forma. A medida que B se afasta de A, mais rápido vai se afastando, ela não mantém uma velocidade, pois não se move, o que acontece é que o espaço entre A e B, que se expande; quanto mais espaço há entre elas, mais rápido se afastam, porque mais espaço há para se expandir.

TEMÁTICA 4 – O estudo das contribuições científicas de Einstein para o entendimento do espaço.

Respostas obtidas dos questionários aplicados nas etapas de nº 5 e 6 do módulo de ensino.

Questão nº 2

[A1] Vai continuar na **deformação do espaço**, *porque é uma coisa que me* ***interessa*** *muito.*

[A6] **Deformação do espaço**.

[A11] ***Princípio da equivalência****, porque é uma coisa muito* ***importante*** *e* ***interessante****, porém ainda está confuso.*

[A13] **Deformação dos espaço** *pois é ligado a temas como os* **buracos de minhoca**.

[A15] **Deformação do espaço** e **concentração de massa**.

[A17] Força inercial e deformação do espaço. Aprofundar mais no assunto que eu achei interessante.

[A19] Deformação do espaço e gravidade (einstein), porque o que estudamos esta semana foi um pouco confuso e demorei para entender e o que não entendi muito bem foi este.

[A21] Concentração de massa. Porque a concentração de massa gera tantos conceitos.

Questão nº 3

[A1] Deformação do espaço; concentração de massa no espaço. Por quê? *Coisas que me* ***interessa*** *e* ***muito legal****,* e também os conceitos.

[A6] Deformação do espaço. Por quê? N/R

[A11] Relatividade geral; Gravitação segundo Einstein. Por quê? ***Gostaria de estudar*** *mais sobre os conceitos de Einstein, porque o mundo usa*.

[A13] Deformação do espaço; Relatividade geral. Por quê? *Relatividade Geral pois meus* ***conhecimento*** *sobre é* ***escasso****.*

[A15] Relatividade geral; Forças inerciais. Por quê? Foi o que mais me interessou.

[A17] Deformação do espaço; forças inerciais. Por quê? ***Gostei*** *do assunto e quero me* ***aprofundar*** *mais sobre ele.*

[A19] Deformação do espaço; gravitação segundo Einstein. Por quê? *Porque*

gostaria ***entender melhor*** *eles.*

[A21] Deformação do espaço; Forças inerciais. Por quê? *O que é aceleração e como é provocada.* ***Estudar*** *o que gera esse resultado.*

Questão nº 4

[A1] É a **deformação do espaço**, como *um pano é esticado e jogando no meio do pano as estrelas* que nos já tínhamos feito.

[A6] **Deformação espacial**. *Como no mostrado com o balão dentro da gelatina, quando mais massa concentrada mais deformado o espaço fica*.

[A11] A concentração de massa gera ***deformação do espaço****. Observamos através de deformação geométrica fazendo os experimentos*.

[A13] Deformação no tecido do espaço e pode se observado pela luz desviada de objeto luminosos.

[A15] A **deformação do espaço**, *por exemplo*.

[A17] *Uma deformação no espaço → uma deformação do espaço.*

[A19] *Deformação,* ***observamos*** *com os* ***experimento*** *e o* ***filme*** *que queria explicar que todas* ***deformações*** *ocorre pelo peso da* ***massa*** *que por ser* ***maior*** *que o* ***espaço geométrico*** *a* ***deforma****.*

[A21] **Deformação**.

Questão nº 5

[A1] Não lembro.

[A6] ***Gravidade e velocidade*** *são as mesma coisas*.

[A11] É a **união** da ***gravidade ou aceleração*** *com a* ***relatividade***. ***Força inercial*** *e* ***gravidade***.

[A13] N/R.

[A15] No meu conceito é que *a* ***gravidade*** *e a* ***aceleração*** *são a mesma coisa*.

[A17] N/R

[A19] **Gravidade** ou **aceleração** mais relatividade.

[A21] Diz que a ***força inercial*** *é igual a* ***gravidade****. A* ***aceleração*** *da curva gera* ***força inercial*** *que é a gravidade.*

Questão nº 6

[A1] A partir das massas do espaço (não lembro kkk)

[A6] N/R

[A11] **Massa → deformação do espaço → aceleração → força inercial → gravidade.**

[A13] ***Força inercial*** *→ igual a* ***velocidade / Gravidade → destorção do tecido*** *pelo objeto.*

[A15] N/R

[A17] *A* ***gravidade*** *ocorre com a* ***concentração de massa*** *no universo* ***deformação****.*

[A19] Massa → deformação. Inércia → aceleração ↔ gravidade.

[A21] *A* ***concentração de massa*** *gera uma* ***deformação no espaço****; o objeto com mais massa deforma mais os menores seguem a* ***curva*** *gerando* ***aceleração*** *e* ***força inercial****, logo a* ***gravidade****.*

Questão nº 7

[A1] ***Questão do mangá****,* ***exemplo do elevador*** *quando ele vai pra* ***cima*** *a pessoa se sente* ***muito pesada*** *e já quando vai para* ***baixo*** *a pessoa se sente* ***mais leve*** *como se estivesse* ***flutuando****.*

[A6] *Uma* ***concentração*** *de* ***massa deforma*** *o* ***espaço****.*

[A11] ***Deformação do espaço*** *através da* ***presença de massa****.*

[A13] A – ***curvatura da luz*** *próxima a uma* ***grande massa***. B – ***Deformação*** *do tecido do* ***espaço*** *ocasionado por uma* ***grande massa****.*

[A15] *Ocorre uma* ***deformação*** *pela* ***força aplicada*** *no* ***espaço*** *(que seria um per??? em um* ***refratário*** *na* ***representação****) =D.*

[A17] *Quando o* ***elevador*** *tá* ***subindo*** *ele da uma* ***força para cima*** *e a* ***gravidade*** *do corpo* ***joga*** *a* ***pessoa para baixo*** *e quando* ***ele para*** *o* ***corpo*** *da uma* ***força para cima****.*

[A19] ***Experiência da toalha*** *com as* ***bolinhas*** *com uma* ***massa grande****.*

[A21] ***Deformação = aceleração = força inercial = gravidade****.*

TEMÁTICA 5 – O estudo do Universo conhecido.

Respostas obtidas dos questionários aplicados na etapa de nº 7 do módulo de ensino.

Questão nº 2

[A1] A **formação dos astros** e **evolução química**, *porque é **legal***.

[A6] N/R

[A10] **Flutuações caóticas** e o **desenvolvimento da humanidade**. A **anti-matéria** *me chamou muita atenção em relação a **flutuações cósmicas***. Seria mais por base no Sol, a partir do seu esfriamento.

[A11] **Evolução da Terra**, *para **saber como** tudo **começou** e como tudo vai terminar.*

[A14] **Origem e idade do universo**

[A15] **Formação das galáxias**, **flutuações cósmicas**, **formação do sistema solar** e **origem do Universo**.

[A16] A **formação do sistema solar**, *muito **interessante***.

[A19] **Formação do sistema solar**, **desenvolvimento da humanidade** e **formação de galáxias**. *Pois, foram o que mais me **interessei*** e também acredito que seja o que tem mais aver com nós (seres humanos).

[A21] **Flutuações caóticas**. *Por ser o período de **inicio** dos **universos**, e isso é **interessante**.*

Questão nº 3

[A1] Origem e a idade do universo; formação de galáxias. Por quê? *Porque me parece **interessante**.*

[A6] N/R

[A10] Flutuações cósmicas; desenvolvimento da humanidade. Por quê? N/R

[A11] Flutuações cósmicas; formação de galáxias. Por quê? *Gostaria de **aprender mais** sobre flutuações cósmicas, pois **não entendi muito bem**, e a formação das galáxias porque **é bom saber como tudo começou**.*

[A14] Origem e a idade do universo; formação do sistema solar; desenvolvimento da humanidade. Por quê? N/R

[A15] Origem e a idade do universo; formação de galáxias. Por quê? *Porque **seria** o **começo** de **tudo**.*

[A16] Formação de galáxias; formação do sistema solar. Por quê? *Para **aprofundar** no **estudo**.*

[A19] Formação do sistema solar; desenvolvimento da humanidade. Por quê? *Pois entendo que seja os que **mais tem aver** com nós.*

[A21] Formação de galáxias; formação do sistema solar. Por quê? ***Quero entender melhor** sobre o tamanho da galáxia e como acaba a galáxia. E os sistemas que nela estão.*

Questão nº 4

[A1] N/R

[A6] *É o momento em que as **flutuações cósmicas** explodiram e **formou** todo o **universo**.*

[A10] *A **expansão** dos **bolsões cósmicos**, que se expande **rapidamente**.*

[A11] *Era quando os **materiais começaram** a se **organizar**, **formando galáxias**.*

[A14] ***Inflação cósmica** veio da **energia** que unia cada força que se **separou**.*

[A15] Eram as flutuações cósmicas. Por algum motivo teve um “baque” e *se **expandiu**, assim **inflando**.*

[A16] Danylo eu te garanto que na próxima eu vou saber lhe responder kkk.

[A19] A força do núcleo se separa, que causa *a **liberação** muito grande de **energia**. Com isso produz a **inflação cósmica**.*

[A21] *Depois que as **flutuações cósmicas** se **intensificaram** a ponto de formar um **aglomerado enorme de partículas** e algo **muito quente**; partículas se anularam até sobrarem poucas partículas (já matérias dispersas), que **foram inflacionando** (crescendo) por serem densas e **formando sistemas complexos**.*

Questão nº 5

[A1] *Quando **começa o desenvolvimento e a morte da terra**,* ela nasce muito quente e morre muito fria ^.^

[A6] A **formação dos astros** e **evolução química**.

[A10] *Após o **Big Bang** e o momento da grande **inflação**, a **formação das estrelas**.*

[A11] ***Formação dos astros e evolução química**, onde tudo começa a se*

organizar e formar planetas e galáxias.

[A14] **Formação de astros** e **evolução química** foi **importante** *pois* ***a partir*** *desse desenvolvimento* ***surgiu*** *por exemplo a* ***tabela periódica****.*

[A15] Basicamente *por* ***luz*** *e* ***partículas*** *foi o* ***início****. Esquentou,* ***esfriou****, se* ***aglomerou*** *e a partir daí* ***tudo surgiu****.*

[A16] N/R

[A19] *A maior fase é a segunda* ***"A Formação dos Astros e dos Átomos Pesados"****,* se ela não tivesse acontecido nós poderíamos não existir ou até existir mais bem diferente de hoje.

[A21] *A* ***inflação cósmica*** *seu início a essa fase;* ***matéria muito densa*** *foi* ***expandindo****, mas de tão densa que era* ***foi formando*** *outros* ***sistemas****, bem* ***menos densos****, mas* ***aglutinados*** *e* ***complexos****.*

Questão nº 6

[A1] **1 minuto** *também porque o humano vai morrer junto com a morte do universo.*

[A6] De **2 a 5 anos**.

[A10] *Muito.* Basicamente, *uns* ***3 a 7 anos****.*

[A11] *Entre* ***zero*** *a* ***trinta e nove*** *anos.*

[A14] *Aproximadamente* ***2,30 min***.

[A15] *Acho que quase o* ***mesmo tanto*** *(oO).*

[A16] **3 min.**

[A19] *Aproximadamente* ***2,30min.***

[A21] *Cerca de uma vida,* ***10 anos****. Esse tempo considerando o mínimo, por que é quase* ***impossível de comparar****.*

Questão nº 7

[A1] O **desenvolvimento da terra**.

[A6] O **universo em evolução**.

[A10] **Flutuações cósmicas**, que pelo fato de esquentar, acaba expludindo.

[A11] Esta é a "**via-láctea**", a **galáxia** em que **vivemos**, e nessa galáxia é onde encontramos **sistemas solares** como o **nosso**.

[A14] **Evolução da terra**.

[A15] O **início** com as **flutuações caóticas** e a **formação da galáxia**.

[A16] Eu tentei **representar o sistema solar**.

[A19] A **última teoria para o nosso sistema solar** e que acreditamos é que o **Sol é o centro** (**heliocentrismo**).

[A21] ***Bolsões cósmicos*** *sofrem* ***inflações****, seus pontos extremamente densos,* ***viram matéria*** *mais* ***dispersa*** *que se* ***aglomeram****, no caso* ***formando*** *uma* ***galáxia****.*

ANEXO

Anexo II – Publicação no III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – SNEA, Curitiba, 2014.

ANEXO

Anexo III – Publicação no XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, Uberlândia, 2015.

APÊNDICE

Apêndice I – Lista de artigos categorizados no Levantamento Literário.

Artigos classificados na categoria:

"Aspectos de natureza histórica sobre a relatividade"

Esboço da evolução histórica do princípio de relatividade (José Lourenço Cindra, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 16, n. 1-4, 1994), **Sobre as origens da relatividade especial: relações entre quanta e relatividade em 1905** (Sergio M. Arruda; Alberto Villani, Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n1: p.32-47, abr.1996), **Aspectos Históricos das Bases Conceituais das Relatividades** (José M. F. Bassalo, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 19, n 2, junho, 1997), **Amoroso Costa e o primeiro livro brasileiro sobre a Relatividade Geral** (Jean Eisenstaedt; Júlio C. Fabris, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 2, p. 185 – 192, 2004), **A física clássica de cabeça para baixo: Como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial** (Jürgen Renn, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, p. 27 - 36, 2004), **Einstein, a física dos brinquedos e o princípio da equivalência** (Alexandre Medeiros; Cleide F. de Medeiros, Cad. Brás. Ens. Fís., v. 22, n. 3: p. 299-315, dez. 2005), **Sobre o princípio da relatividade e suas implicações** (A. Einstein, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, p. 37 - 61, 2005), **Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história** (Fernando L. da Silveira; Luiz O. Q. Peduzzi, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 1: p. 26-52, abr. 2006), **Uma nota acerca das relações entre a teoria da relatividade e a filosofia idealista** (Kurt Gödel, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 521-524, 2006), **Influências da física moderna na obra de salvador Dalí** (R. R. D. Andrade; R. S. Nascimento; M. G. Germano, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 3: p. 400-423, dez. 2007), **Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein** (C.M. Porto; M.B.D.S.M. Porto, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1603, 2008) e **O éter e a óptica dos corpos em movimento: a teoria de fresnel e as tentativas de detecção do movimento da terra, antes dos experimentos de Michelson e Morley (1818-1880)**, (Roberto de Andrade Martins, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 1: p. 52-80, abr. 2012).

"Ensino de relatividade no ensino superior"

Análise de um curso de introdução à relatividade (A. Villani, Revista Brasileira de Ensino de Física, s/n, 1985), A visão eletromagnética e a relatividade: o

desenvolvimento das teorias de Lorentz e Einstein (A. Villani, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 7, n. 2, 1985), **O ensino de relatividade geral na graduação** (M. S. Berman, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 9, n. 1, 1987), **O raio real do Sol** (Wilson Lopes, Cad.Cat.Ens.Fis., v.11, n2: p.115-122, ago.1994), **A álgebra Geométrica do Espaço-tempo e a Teoria da Relatividade** (J. Vaz Jr., Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, no. 1, Março, 2000), **Geometria, espaço-tempo e gravitação: conexão entre conceitos da relatividade geral** (F. T. Falciano, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 4, 2009), **Buracos Negros: sementes ou cemitérios de galáxias?** (João E. Steiner, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. Especial: p. 723-742, nov. 2010), **Cosmologia neo-newtoniana: um passo intermediário em direção à relatividade geral** (J. C. Fabris e H. E. S. Velten, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 4, 2012) e **Cálculo K: Uma abordagem alternativa para a relatividade especial** (G. Conto, A. Lima, P.H. Ortega, E.R. Schmitz, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 2013)

"Ensino de relatividade no ensino médio"

Relatividade restrita no Ensino Médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física (F. Ostermann; Trieste F. Ricci, Cad. Brás. Ens. Fís., v. 19, n.2: p. 176-190, ago. 2002), **Relatividade restrita no Ensino Médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física** (F. Ostermann; T. F. Ricci, Cad. Brás. Ens. Fís., v. 21, n. 1: p. 83-102, abr. 2004), **Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita** (J. F. K. Köhnlein; Luiz O. Q. Peduzzi, Cad. Brás. Ens. Fís., v. 22, n. 1: p. 36-70, abr. 2005), **Relatividade restrita com o auxílio de diagramas** (R. P. B. dos Santos, Cad. Brás. Ens. Fís., v. 23, n. 2: p. 238-246, ago. 2006), **Relatividades no Ensino Médio: o debate em sala de aula** (R. A. S. Karam; S. M. S.C. S. Cruz; D. Coimbra, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 105-114, 2007), **Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem** (A. Guerra; M. Braga; e J. C. Reis, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007), **Física moderna no Ensino Médio: o espaço tempo de einstein em tirinhas** (F. Caruso; N. de Freitas, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 26, n. 2: p. 355-366, ago. 2009), **Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX** (A. Guerra; J. C.

Reis; M. Braga, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. 3: p. 568-583, dez. 2010) e **Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS** (C. M. Rodrigues, Inés P. S. Sauerwein; R. A. Sauerwein, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, 1401 2014).

APÊNDICE

Apêndice II – Documentos protocolados no comitê de ética.

APÊNDICE

Apêndice III – Questionários utilizados para a coleta de dados na aplicação do módulo de ensino.