



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

RAFAEL TERESO DE JESUS

PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS
ATRAVÉS DE JOGOS DE CARTAS

BRASÍLIA – DF
2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

RAFAEL TERESO DE JESUS

PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS
ATRAVÉS DE JOGOS DE CARTAS

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim a ser apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

BRASÍLIA - DF
2018

**“PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR FÍSICA DE
PARTÍCULAS ATRAVÉS DE JOGOS DE CARTAS”**

**Por
Rafael Tereso de Jesus.**

Dissertação submetida ao Instituto de Física da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Física.

Aprovada por:



Prof. Ronni Geraldo Gomes de Amorim
FGA/UnB



Prof. Olavo Leopoldino da Silva Filho
IF/UnB



Prof. Vinícius de Carvalho Rispoli
FGA/UnB

Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho
Coordenador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Instituto de Física

FICHA CATALOGRÁFICA

| | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TJ58p | Jesus, Rafael Tereso de PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS ATRAVÉS DE UM JOGO DE CARTAS/ Rafael Tereso de Jesus; orientador Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim. – Brasília, 2018. 143p. Dissertação (Mestrado – Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, 2018. 1. Ensino de física. 2. Aprendizagem significativa. 3. Jogo de cartas. 4. Modelo padrão. 5. Interações fundamentais. I. Amorim, Ronni Geraldo Gomes de, orient. II. Título. |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

JESUS, Rafael Tereso de. Proposta de uma UEPS para ensinar física de partículas através de um jogo de cartas. 2018. 143p. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Rafael Tereso de Jesus
UnB – Campus Darcy Ribeiro
Asa Norte 720910-900
Brasília – DF - Brasil

Dedico este trabalho com todo respeito e amor a minha família, em especial:

A minha mãe Maria José (*in memoriam*), por ser inspiração em minha vida e exemplo de força e dedicação. Por todo o amor, carinho, sacrifícios e pelas barreiras que enfrentou, apesar das dificuldades soube transmitir toda sua sabedoria e apoio incondicional para que eu estivesse aqui hoje.

A minha esposa Jane e minhas filhas Rafaela, Gabriela e Marcela, que são a razão do meu viver, e que com muita paciência compreendem minha ausência e minhas angústias.

Dedico ainda:

A meus amigos que sempre me apoiaram e acreditaram no meu êxito.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Ronni Amorim, que sempre demonstrou muita paciência e disposição para a realização e conclusão desse trabalho.

Ao artista e colega de trabalho Miguel de Bessa, pela disponibilidade e brilhantismo no desenho das cartas.

Aos meus alunos pelo empenho e dedicação na realização desse trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À SBF pela criação do MNPEF.

À UnB pela condução do MNPEF.

Na luz deserta
do primeiro dia
está quebrada
a supersimetria

e assim despontam
múltiplos destinos
no mar onipresente
de neutrinos... [...]

as quase borboletas,
e sabores
de quarks, e de sombras,
e motores...

na antemanhã de rosas
o arrebol
e o quase amor que rege
o pôr do sol [...]

assim agia Deus
sive natura
na zona fria
da matéria escura

e o rígido
combate prosseguia
do ser e do não ser,
e ainda prossegue,

que o nada
se insinua noite e dia

[“Poemas Reunidos”, Marco Lucchesi, p. 69-70]

RESUMO

PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS ATRAVÉS DE JOGOS DE CARTAS

Rafael Tereso de Jesus

Orientador: Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade de Brasília na conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Esta dissertação apresenta os resultados da produção e aplicação de uma sequência didática fundamentada sob o formato de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). O desenvolvimento e a aplicação das atividades presentes neste trabalho deram-se a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, preconizando que aquilo que o aluno já sabe é a componente mais importante que sustenta o processo de aprendizagem. As partículas elementares foram tomadas como suporte para as situações-problema, atividades desenvolvidas e aplicação dos jogos de cartas que possibilitaram analisar o modelo padrão, sua constituição, os conceitos físicos envolvidos e discutir temas relacionados com a formação dos *hádrons*. A análise dos dados obtidos reforça a necessidade de inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio através de iniciativas alternativas ao ensino tradicional desses tópicos e reafirma a potencialidade da aplicação de jogos na educação.

Palavras-chave: Ensino de física; Aprendizagem significativa; UEPS; Modelo padrão; Partículas elementares; Jogos de cartas.

BRASÍLIA - DF
2018

ABSTRACT

PROPOSAL OF A UEPS TO TEACH PARTICLE PHYSICS THROUGH CARD GAMES

Rafael Tereso de Jesus

Professor: Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim

Master Dissertation submitted to the Postgraduate Program in Physics Teaching of the Institute of Physics of the University of Brasília at the conclusion of the Professional Master Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the Master Degree in Teaching of Physics.

This dissertation presents the results of the production and application of a didactic sequence based in the form of a Potentially Significant Teaching Unit (UEPS). The development and application of the activities present in this work gave rise to David Ausubel Significant Learning Theory, suggesting that what the student already knows is the most important component that sustains the learning process. The elementary particles were taken as support for problem situations, developed activities and application of card games that made it possible to analyze the standard model, its constitution, the physical concepts involved and discuss themes related to the formation of hadrons. The analysis of the obtained data reinforces the need to insert topics of Modern and Contemporary Physics in High School through alternative initiatives to the traditional teaching of these topics and reaffirms the potential of the application of games in education.

Keywords: Physics teaching; Meaningful learning; UEPS; Standard model; Elementary particles; Card games.

**BRASILIA – DF
2018**

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 - Um mapa conceitual sobre o mapeamento conceitual. | 19 |
| Figura 2 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 1 - Os ramos da Física..... | 37 |
| Figura 3 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 2 - Os ramos da Biologia..... | 38 |
| Figura 4 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 3 - Os ramos da Química..... | 38 |
| Figura 5 - Cartaz convite para o 2º encontro..... | 48 |
| Figura 6 - Cartaz convite para o 2º encontro..... | 49 |
| Figura 7 - Imagem da apresentação sobre o Big Bang. | 50 |
| Figura 8 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 1 – Big Bang..... | 51 |
| Figura 09 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 2 – História do Universo..... | 511 |
| Figura 10 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 3 – O Big Bang..... | 52 |
| Figura 11 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 1 – Aceleradores de partículas. | 53 |
| Figura 12 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 2 – Aceleradores de partículas. | 53 |
| Figura 13 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 3 – Aceleradores de partículas. | 54 |
| Figura 14 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 1 – Partículas Elementares..... | 55 |
| Figura 15 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 2 - Interações Fundamentais | 56 |
| Figura 16 – Resposta da questão 1..... | 57 |
| Figura 17 – Resposta da questão 3..... | 58 |
| Figura 18 – Resposta da questão 4..... | 59 |
| Figura 19 – Resposta do aluno A | 73 |
| Figura 20 – Resposta do aluno B..... | 73 |
| Figura 21 – Resposta do aluno C | 74 |
| Figura 22 – Resposta do aluno D | 74 |
| Figura 23 – Resposta do aluno E..... | 74 |
| Figura 24 – Carta de Partícula Fundamental..... | 76 |
| Figura 25 – Cartas <i>léptons</i> | 77 |
| Figura 26 – Cartas <i>antiléptons</i> | 78 |
| Figura 27 – Cartas <i>quarks</i> | 79 |
| Figura 28 – Cartas <i>antiquarks</i> | 80 |
| Figura 29 – Cartas <i>bósons</i> | 81 |
| Figura 30 – Dado de partículas <i>bárions</i> | 82 |
| Figura 31 – Dado de partículas <i>mésons</i> | 83 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 1 – Consolidado das respostas dos alunos na sondagem inicial. | 39 |
| Gráfico 2 – Sondagem inicial – O átomo é a menor estrutura conhecida e, portanto, é indivisível.. | 40 |
| Gráfico 3 - Sondagem inicial – Toda matéria comum é formada por <i>quarks up, down</i> e elétrons..... | 40 |
| Gráfico 4 - Sondagem inicial – A antimatéria é ficção científica e não um fato científico..... | 41 |
| Gráfico 5 - Sondagem inicial – O elétron é composto por partículas ainda menores. | 481 |
| Gráfico 6 - Sondagem inicial – A força eletromagnética é responsável por gerar corrente elétrica | 42 |
| Gráfico 7 - Sondagem inicial – O trabalho feito nos aceleradores ajuda a compreender o universo. | 42 |
| Gráfico 8 - Sondagem inicial – Das forças fundamentais da natureza, a gravidade é a mais forte.. | 43 |
| Gráfico 9 - Sondagem inicial – Toda a matéria conhecida é composta de <i>léptons</i> e <i>quarks</i> | 43 |
| Gráfico 10 - Sondagem inicial – Existe aceleradores de partículas no Brasil..... | 44 |
| Gráfico 11 - Sondagem inicial – Os aceleradores de partículas podem criar buracos negros | 44 |
| Gráfico 12 - Sondagem inicial – Os prótons e nêutrons são compostos por <i>quarks</i> | 45 |
| Gráfico 13 - Sondagem inicial – O <i>Bóson de Higgs</i> é quem “da massa” a todas as outras partículas. | 45 |
| Gráfico 14 - Sondagem inicial – As partículas do <i>Big Bang</i> ainda estão presentes na natureza..... | 46 |
| Gráfico 15 - Sondagem inicial – <i>Quarks</i> e <i>hádrons</i> são partículas elementares | 46 |
| Gráfico 16 - Sondagem inicial –A força fraca é responsável pela atração gravitacional. | 47 |
| Gráfico 17– Respostas da questão 2 | 58 |
| Gráfico 18 – Consolidado das respostas do questionário 2 | 59 |
| Gráfico 19 – Consolidado das respostas dos alunos na sondagem final. | 60 |
| Gráfico 20 – Sondagem final – O átomo é a menor estrutura conhecida e, portanto, é indivisível . | 61 |
| Gráfico 21 - Sondagem final – Toda matéria comum é formada por <i>quarks up, down</i> e elétrons. ... | 61 |
| Gráfico 22 - Sondagem final – A antimatéria é ficção científica e não um fato científico. | 62 |
| Gráfico 23 - Sondagem final – O elétron é composto por partículas ainda menores..... | 62 |
| Gráfico 24 - Sondagem final – A força eletromagnética é responsável por gerar corrente elétrica ... | 63 |
| Gráfico 25 - Sondagem final – O trabalho feito nos aceleradores ajuda a compreender o universo. . | 63 |
| Gráfico 26 - Sondagem final– Das forças fundamentais da natureza, a gravidade é a mais forte.... | 64 |
| Gráfico 27 - Sondagem final– Toda a matéria conhecida é composta de <i>léptons</i> e <i>quarks</i> | 64 |
| Gráfico 28 - Sondagem final– Existe aceleradores de partículas no Brasil..... | 65 |
| Gráfico 29 - Sondagem final– Os aceleradores de partículas podem criar buracos negros | 65 |
| Gráfico 30 - Sondagem final – Os prótons e nêutrons são compostos por <i>quarks</i> | 66 |
| Gráfico 31 - Sondagem final – O <i>Bóson de Higgs</i> é quem “da massa” a todas as outras partículas. . | 66 |
| Gráfico 32 - Sondagem final – Algumas partículas do <i>Big Bang</i> estão presentes na natureza. ... | 67 |
| Gráfico 33 - Sondagem final – <i>Quarks</i> e <i>hádrons</i> são partículas elementares | 67 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Gráfico 34 - Sondagem final – A força fraca é responsável pela atração gravitacional | 68 |
| Gráfico 35 – Qual é o seu grau de satisfação com as atividades desenvolvidas ao longo do projeto?. | 69 |
| Gráfico 36 – As atividades desenvolvidas contribuíram para tornar o assunto mais interessante?. | 69 |
| Gráfico 37 – As atividades desenvolvidas contribuíram para a aprendizagem de novos conceitos? . | 70 |
| Gráfico 38 – Qual era o seu nível de ansiedade em relação às próximas aulas do projeto?..... | 70 |
| Gráfico 39 – As atividades desenvolvidas contribuíram para mudar sua visão sobre algum conceito abordado? . | 71 |
| Gráfico 40 – Os jogos de cartas contribuíram para o seu entendimento sobre partículas elementares? . | 71 |
| Gráfico 41 – Qual o seu nível de satisfação com os recursos (powerpoint, vídeos, pôsteres, jogo de cartas) utilizados no projeto?..... | 72 |
| Gráfico 42 – Você recomendaria este projeto para que outros professores de física o utiliza-se em suas aulas? . | 72 |
| Gráfico 43 – De modo geral, como você avalia este projeto? . | 73 |

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| PCN+ – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais | 1 |
| EM – Ensino Médio | 1 |
| PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais | 2 |
| FMC – Física Moderna e Contemporânea | 2 |
| BNCC – Base Nacional Comum Curricular | 3 |
| PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais | 3 |
| PNLD – Programa Nacional do Livro Didático | 3 |
| UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa | 4 |
| MG – Minas Gerais | 24 |
| CERN – Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire | 30 |
| LHC – Large Hadron Collider (Grande colisor de <i>Hádrons</i>) | 43 |
| Cnpem – Centro Nacional de Pesquisa e Energia de Materiais | 44 |
| TeV – Tera elétron-volt | 45 |
| GeV – Giga elétron-volt | 86 |
| ECA – Estatuto da criança e do adolescente | 94 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|------------------------------------------------------|-----------|
| Tabela 1 – <i>Bárions e Antibárions</i> | 82 |
| Tabela 2 – <i>Mésons</i> | 83 |

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO | 1 |
| 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: estudos anteriores..... | 5 |
| 1.1 Metodologia utilizada na revisão | 5 |
| 1.2 Ensino de tópicos de física de partículas no Ensino Médio | 6 |
| 1.3 Aprendizagem significativa | 7 |
| 1.4 Mapas conceituais e Unidades de ensino potencialmente significativa | 9 |
| 1.5 Obras literárias sobre Física de Partículas | 10 |
| 1.6 Livros didáticos de Física do Programa Nacional do Livro Didático (2018/2021).. | 11 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 David Ausubel e a teoria da aprendizagem significativa..... | 14 |
| 2.1.1 Conceito <i>subsunçor</i> | 15 |
| 2.1.2 Condições para que ocorra a aprendizagem significativa | 16 |
| 2.1.3 A teoria da assimilação | 17 |
| 2.2 Os mapas conceituais de Joseph Novak | 19 |
| 2.3 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS | 21 |
| 3. METODOLOGIA | 24 |
| 3.1 A metodologia de pesquisa | 24 |
| 3.2 Contextualização | 24 |
| 3.3 Seleção e confecção dos materiais utilizados na pesquisa..... | 25 |
| 3.4 Atividades desenvolvidas..... | 26 |
| 3.4.1 Etapas da sequência didática..... | 27 |
| 3.4.2 Encontros da sequência didática..... | 28 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| 4.1 Análise dos dados obtidos no 1º encontro | 37 |
| 4.1.1 Análise dos mapas conceituais iniciais..... | 37 |
| 4.1.2 Análise da sondagem inicial..... | 39 |
| 4.2 Análise dos dados obtidos no 2º encontro | 48 |
| 4.2.1 Análise dos mapas conceituais sobre o <i>Big Bang</i> | 49 |
| 4.3 Análise dos dados obtidos no 3º encontro | 53 |
| 4.4 Análise dos dados obtidos no 4º encontro | 55 |
| 4.5 Análise dos dados obtidos no 5º encontro | 57 |
| 4.6 Análise dos dados obtidos no 6º encontro | 57 |
| 4.7 Análise dos dados obtidos no 7º encontro | 60 |

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 4.8 | Análise dos dados obtidos no 8º encontro | 60 |
| 4.8.1 | Análise dos dados obtidos na sondagem final | 60 |
| 4.8.2 | Análise dos dados obtidos na pesquisa de opinião..... | 69 |
| 5. | PRODUTO EDUCACIONAL..... | 75 |
| 5.1 | O jogo..... | 75 |
| 5.2 | As cartas <i>léptons</i> | 76 |
| 5.3 | Cartas de antipartículas dos <i>léptons</i> | 77 |
| 5.4 | As cartas <i>quarks</i> | 78 |
| 5.5 | As cartas <i>antiquarks</i> | 79 |
| 5.6 | As cartas <i>bósons</i> | 80 |
| 5.7 | Dado das partículas <i>hádrons</i> | 81 |
| 6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 85 |
| | REFERÊNCIAS | 86 |
| | APÊNDICE A– TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS... | 89 |
| | APÊNDICE B–PRODUTO EDUCACIONAL | 92 |

INTRODUÇÃO

A ciência é uma manifestação cultural com grande poder de transformação na sociedade. Isto se deve ao fato de que ela contribui significativamente para moldar o modo de vida das pessoas. Seu desenvolvimento está fortemente relacionado com o desenvolvimento da tecnologia, das telecomunicações, dos meios de transporte, da produção de alimentos e medicamentos, dentre outros. A ciência configura-se assim, como forte impulsionador da globalização, contribuindo para uma melhor compreensão do mundo.

Neste contexto, a aprendizagem em ciência é importante uma vez que permite a formação de um cidadão contemporâneo, atuante, solidário, e com instrumentos que lhe permitam compreender, intervir e participar de forma significativa na realidade. Ela se ocupa não somente de investigar os fenômenos que nos rodeiam, mas também, em explicá-los e fornecer teorias plausíveis que se aceitas possam quantificar e descrever como tais fenômenos ocorrem.

Nesse sentido, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) apontam que:

A física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (BRASIL, 2002, p. 59).

Para tanto, faz-se necessário que o ensino de Física no Ensino Médio (EM), deixe de se basear na simples memorização de equações ou reprodução mecânica de procedimentos, conscientizando-se que é necessário lhe dar um significado, apontando seu sentido no momento do aprendizado.

Para que esse processo de ensino aprendizagem faça sentido para o aluno, é necessário que ele seja baseado em um diálogo constante entre alunos e professores, onde o conhecimento deve ser o ponto central das ações. Para atingir tal objetivo é necessário ainda, considerar objetos, coisas e fenômenos que estejam inseridos no cotidiano dos estudantes, seja próximo, como celulares, computadores ou televisores, ou que seja fruto de sua curiosidade, como o cosmos e o mundo subatômico. Dessa forma, devem ser sempre privilegiadas ações que possibilitem essa interação.

Sobre os temas e competências que possibilitem tal interação, os PCN+ apontam que é sempre possível tratar qualquer tema em qualquer uma das séries do Ensino Médio. No entanto, alguns temas são mais adequados para o desenvolvimento de determinadas competências. Como é o caso da Física Moderna, uma vez que apresenta elementos que permitem realizar sínteses mais consistentes.

Quanto ao ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, os PCN+ apontam que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de **matéria e radiação** indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico (BRASIL, 2002, p. 70, grifo do autor).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) indicam a importância de uma inclusão efetiva da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio, visando à universalização ao acesso a essa intrigante área do conhecimento que se relaciona aos principais desenvolvimentos tecnológicos vivenciados atualmente pela sociedade (MENEZES, 1996).

Nesse sentido, a inserção da FMC no Ensino Médio é necessária para que os estudantes possam compreender os fenômenos ligados às situações vivenciadas por eles, contribuindo para o exercício pleno de sua cidadania. Nesse sentido, Terrazzan (1992) aponta que:

A tendência de atualizar o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo (TERRAZZAN, 1992, P. 210).

Sendo assim, um dos objetivos da FMC é discutir o conceito de Modelo Padrão¹ das Partículas Elementares². Sobre esse assunto, de acordo com Moreira (2004):

¹“...é a mais sofisticada teoria matemática sobre a natureza. Apesar da palavra “modelo” em seu nome, o Modelo Padrão é uma teoria compreensiva que identifica as partículas básicas e especifica como interagem.” (MOREIRA, 2009).

Uma visão introdutória ao assunto partículas elementar e interações fundamentais podem ser abordadas, de maneira acessível, de forma a transmitir aos alunos a ideia de um assunto excitante, colorido, estranho e charmoso (MOREIRA, 2004).

No entanto, o assunto não vem sendo tratado nas escolas da forma que se espera. Esse currículo tradicionalista de Física, que se aplica nas escolas hoje, vem sendo alvo de muitas críticas, inclusive por parte do poder público, que procura formas de aperfeiçoar o Ensino Médio nas escolas. Uma dessas iniciativas é a criação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) onde o conteúdo de física é abordado na disciplina Ciências da Natureza, que ainda é fruto de discussão.

Essas críticas aparecem, por exemplo, nos Parâmetros Curriculares Nacionais PCN quando afirmam que:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também, vazio de significado. (BRASIL, 1999, p.229).

Outros fatores contribuem para esse ensino tradicionalista. Em uma análise preliminar dos doze livros didáticos de Física aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para o quadriênio (2018 – 2021), quatro livros não fazem qualquer menção ao conteúdo “Partículas Elementares” e os demais destinam somente entre uma a quatro páginas para o conteúdo. Além do número insuficiente de páginas para abordar o assunto, estas ainda aparecem nas últimas páginas dos livros, que por muitas vezes, devido ao número insuficiente de aulas por semana (duas), fica inviável ao professor abordá-las durante o decorrer do ano letivo.

Procurando incentivar o ensino e divulgação da FMC no Ensino Médio, mais especificamente da Física de Partículas, bem como fornecer aos professores um material complementar para auxiliar suas aulas, buscou-se desenvolver a presente pesquisa considerando a confecção e aplicação de jogos de cartas, a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel³, tendo como objetivo a assimilação dos conceitos de Física de Partículas e Interações Fundamentais.

²“...no sentido de não possuírem estrutura interna. Partículas que têm estrutura interna são chamadas de *hádrons*; são constituídas de *quarks*: *bárions* quando formadas por três *quarks* ou três *antiquarks*, ou *mésons* quando constituídas por um quark e um antiquark.” (MOREIRA, 2009).

³“... é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe.” (MOREIRA, 2012).

Partindo da hipótese de que o jogo, segundo Bruhns (1999) ao ser abordado no contexto educacional, é capaz de despertar nos participantes “o interesse, o prazer da realização, a empolgação a concentração e a espontaneidade”, facilitando a compreensão de conteúdos, neste caso, conceitos básicos de Física de Partículas, buscou-se atingir os objetivos deste trabalho.

Como objetivo geral buscou-se desenvolver e aplicar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa⁴ (UEPS), produzindo jogos de cartas relacionados ao conteúdo Física de Partículas para abordar conceitos básicos de Partículas Elementares e Interações Fundamentais. As partículas básicas foram tomadas como gerador de situações-problema e atividades que possibilitassem investigar as Interações Fundamentais, além de abordar os conceitos físicos envolvidos em sua aplicação.

De forma específica, os objetivos foram: levantar os conhecimentos prévios dos alunos relacionados à Física de Partículas; produzir jogos de cartas relacionáveis aos conhecimentos prévios apresentados; elaborar a sequência didática sob o formato de UEPS, de acordo com as definições de Moreira (2011); aplicar e avaliar a sequência didática em turmas da terceira série do Ensino Médio.

A sequência didática seguiu uma organização com o intuito de fornecer condições para que a aprendizagem significativa ocorresse em detrimento da aprendizagem dita mecânica e sem significado. Para tanto, buscou-se formas de relacionar os conceitos de Física de Partículas e Interações Fundamentais, possibilitando assim, que o significado dos conceitos pudesse ser assimilado de forma efetiva.

No que tange à organização deste trabalho, no primeiro capítulo apresentou-se os estudos anteriores relacionados à proposta deste trabalho, no segundo capítulo apresentou-se o referencial teórico que deu suporte a referida pesquisa. Já no terceiro capítulo dedicou-se à metodologia de elaboração e aplicação da sequência didática. No quarto capítulo os resultados obtidos e discussão, no quinto capítulo o produto educacional fruto desta pesquisa, e por fim, no sexto capítulo as considerações finais.

⁴ São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula. (MOREIRA, 2011).

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: estudos anteriores

1.1 Metodologia utilizada na revisão

Para a fundamentação teórica da referida pesquisa, consultou-se cinco periódicos no período compreendido entre 2017 e 2018, são eles: Caderno Catarinense de Ensino de Física; Revista Brasileira de Ensino de Física; A Física na Escola; Revista Investigações em Ensino de Ciências, e Aprendizagem Significativa em Revista. Para o refinamento das pesquisas utilizou-se as seguintes palavras-chave: Física de Partículas, Modelo Padrão, Interações Fundamentais, Acelerador de Partículas, Aprendizagem Significativa, Mapas Conceituais, Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

Após o refinamento das pesquisas, selecionaram-se oito artigos e uma dissertação de mestrado, devido à pertinência desses com os temas abordados no presente trabalho.

Com o objetivo de promover o ensino de física de partículas, publicações que considerassem os aceleradores de partículas e o modelo padrão, foram considerados importantes para subsidiar o presente trabalho. Ao analisar os trabalhos selecionados, foram identificados vários que se fundamentam na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, sendo que um número considerável destes apoiou-se no que preconiza Moreira (2011) ao estruturar a elaboração, a aplicação e a avaliação de sequências didáticas potencialmente significativas.

Para uma melhor análise dos artigos selecionados, agrupou-se em três seções: ensino de tópicos de física de partículas no ensino médio; mapas conceituais e unidades de ensino potencialmente significativa; e aprendizagem significativa.

Quanto aos livros utilizados como apoio, analisaram-se três livros que versam sobre ensino de física de partículas: O discreto charme das partículas elementares, Alice no país do quantum e O mágico dos *quarks*. Recomendou-se aos alunos que realizassem a leitura destes dois livros para aprofundarem seus conhecimentos acerca da física de partículas.

Por fim, analisaram-se os doze livros didáticos de física aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático PNLD para o quadriênio (2018 – 2021), com o intuito de verificar a forma como o conteúdo de física de partículas vem sendo abordado nos livros didáticos utilizados no ensino médio das escolas públicas.

1.2 Ensino de tópicos de física de partículas no Ensino Médio

Moreira (2009) no artigo: O Modelo Padrão da Física de Partículas, publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, apresenta-se de modo simplificado, o Modelo Padrão como uma teoria sofisticada que identifica as partículas elementares e suas interações. O artigo aborda pontos como: o vácuo não é vazio; partículas nuas e vestidas; matéria escura e vento escuro; a simetria; o campo e o bóson de Higgs; neutrinos oscilantes; massa e matéria, sendo estes considerados pelo autor como motivadores do ponto de vista do ensino e da aprendizagem da física.

Como conclusão, Moreira (2009) argumenta que o modelo padrão é o modelo mais completo e aceito, mas que não é uma teoria acabada, nem definitiva, sendo provável uma superação dessa teoria por outra mais completa e demonstra os principais problemas que enfrenta o Modelo Padrão.

Siqueira (2006) na dissertação de mestrado: Do Visível ao Indivisível - uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio apresenta uma proposta de ensino sobre a Física de Partículas Elementares que, tem como objetivo levar uma descrição atual e mais detalhada da estrutura da matéria. Para isso, utiliza-se de textos adaptados para uma linguagem mais acessível à sala de aula e de atividades desenvolvidas que auxiliam a compreensão dos conceitos estudados.

Ao concluir sua dissertação, Siqueira (2006) mostra o sucesso obtido com a elaboração e aplicação da proposta. Indicando que é possível levar a Física de Partículas Elementares para sala de aula, numa perspectiva inovadora, tanto em relação ao currículo quanto a metodologia.

Moreira (2004) no artigo: Partículas e Interações, publicado na revista: Física na Escola procura introduzir o assunto partículas elementar e interações fundamentais. A intenção é a de mostrar que esse tema pode ser abordado de maneira acessível, sem muitas ilustrações que acabam tolhendo a imaginação dos alunos e até mesmo difundindo a aprendizagem de certos conceitos.

O autor afirma que uma visão introdutória ao assunto partículas elementar e interações fundamentais podem ser abordadas de maneira acessível, de forma a transmitir aos alunos a ideia de um assunto excitante, colorido, estranho e charmoso, e, conclui afirmando que o currículo de Física nas escolas é desatualizado; onde se ensina uma Física que não chega ao

século XX que é quase só Mecânica e que invariavelmente começa pela Cinemática. Para Moreira (2004), por seu caráter representacional a Cinemática, é, psicologicamente, talvez o mais inadequado dos conteúdos para se começar a aprender Física.

Ostermann e Cavalcanti (2001) no artigo: Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola, publicado na revista: Física na Escola apresenta um material sobre as interações fundamentais e as partículas elementares. O pôster foi desenvolvido para facilitar a inserção de tópicos de física de partículas no ensino médio. O pôster traz informações sobre as quatro operações fundamentais da natureza: gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca, abordam ainda propriedades da matéria como: cor, carga e massa. O material apresenta ainda a classificação das partículas elementares em: *quarks*, *léptons* e partículas mediadoras, apresentam as combinações das mesmas em: *hádrons*, *bárions* e *mésons*.

O material didático descrito apresenta ainda o modelo atual do átomo, bem como alguns exemplos de leis de conservação: o decaimento beta e a aniquilação quark-antiquark.

Terrazzan (1992) em seu artigo: A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau, publicado no Caderno Catarinense de Ensino de Física, espera lançar para os professores alguns elementos para uma reflexão acerca da inserção da Física Moderna no Ensino Médio, e ao mesmo tempo colher subsídios para o estabelecimento, em médio prazo, de uma programação alternativa para o ensino de Física que inclua aspectos da Física desenvolvida no último século.

1.3 Aprendizagem significativa

Gonzales e Rosa (2014) no artigo: Aprendizagem significativa de conceitos de circuitos elétricos utilizando um ambiente virtual de ensino por alunos da educação de jovens e adultos, publicado na revista: Investigação em Ensino de Ciências, apresentam a elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática que trabalhou os conceitos fundamentais de eletricidade, como a intensidade, a resistência e a associação de resistores na Educação de Jovens e Adultos. A elaboração da sequência didática e das ferramentas de coleta de dados pautou-se na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Na conclusão, Gonzales e Rosa (2014) apontam que os resultados tanto quantitativos quanto qualitativos, apontam uma diferença significativa dos pós - testes do grupo

experimental em relação aos pós – testes do grupo controle, mostrando indícios de aprendizagem significativa pelo grupo que utilizou a sequência didática.

Moreira (2012) no artigo: O que é afinal aprendizagem significativa, publicado na revista: Curriculum, realiza uma descrição detalhada da Teoria da Aprendizagem Significativa na visão de David Ausubel. Argumenta-se no artigo que houve uma apropriação superficial, do conceito de aprendizagem significativa, de modo que qualquer estratégia de ensino passou a ter a aprendizagem significativa como objeto. No entanto, Moreira (2012) afirma que na prática a maioria dessas estratégias, ou a escola de um modo geral, continuam promovendo a aprendizagem mecânica. Nesse sentido, o texto procura esclarecer o que é afinal, aprendizagem significativa.

Ao concluir o artigo, Moreira (2012) informa que não houve uma apropriação da teoria ou da filosofia subjacente a ela. Para o autor, a escola continua fomentando a aprendizagem mecânica, o modelo clássico em que o professor expõe (no quadro de giz ou com slides PowerPoint), o aluno copia (ou recebe eletronicamente os slides), memoriza na véspera das provas, nelas reproduz conhecimentos memorizados sem significado, ou as aplica mecanicamente a situações conhecidas, e os esquecem rapidamente. Os alunos passam anos de sua vida estudando, segundo esse modelo, informações que serão esquecidas rapidamente.

Lemos (2011) no artigo: A aprendizagem significativa - estratégias facilitadoras e avaliação, publicado na revista: Aprendizagem Significativa em Revista - procura relacionar os conceitos e princípios da Teoria de Aprendizagem Significativa com o cotidiano da prática docente, particularmente com as decisões relacionadas às escolhas das estratégias de ensino e de avaliação. O principal objetivo é evidenciar o caráter complexo e contextual dos processos de ensino e de aprendizagem bem como a inexistência de estratégias de ensino e de avaliação que sejam ideais por si só.

Ao concluir o artigo, Lemos (2011) informa que o propósito deste artigo foi evidenciar que não existe um ensino ou uma estratégia de ensino e de avaliação que sejam ideais por eles mesmos e, em decorrência disso, que a organização do ensino, antes de estar limitada à preocupação sobre como e o que ensinar, deve ocupar-se também de questões mais abrangentes como: porque, para quem, onde e com que tempo ensinar? Sem essa preocupação, mais global, a questão “como ensinar” fica fora de foco, dando a impressão de que o ato de ensinar é condição suficiente para a ocorrência de aprendizagem.

Ostermann e Cavalcanti (2011) em material publicado para o Curso de Especialização em Física para Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul elaboram uma abordagem das principais teorias da aprendizagem indicando a gênese da pesquisa em educação em ciências do ponto de vista de seus referenciais teóricos. Inicialmente, essa área mostra-se orientada por referenciais behavioristas (tendo Skinner como seu maior representante); nos anos 80 há uma ênfase cognitivista (com autores como Piaget e Ausubel) e, mais recentemente, reconhece-se o crescimento de perspectivas socioculturais, materializadas nas ideias de autores como Paulo Freire, Vygotsky e Wertsch.

Na conclusão do material, Ostermann e Cavalcanti (2011) explicam que o texto teve como objetivo sintetizar algumas teorias de aprendizagem (behavioristas, de transição, cognitivas, humanistas e socioculturais) e explicitar algumas de suas implicações para o ensino e a aprendizagem.

Roratto et al. (2011), no artigo: Ensino de matemática, História da Matemática e aprendizagem significativa: uma combinação possível, publicado na revista: Investigações em Ensino de Ciências, relata os resultados de uma pesquisa de mestrado que fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel e, utilizando mapas conceituais produzidos pelos alunos, apontou a possibilidade de se atingir a Aprendizagem Significativa do conceito de Funções, com este sendo ensinado mediante a aplicação de uma sequência didática considerando-se a História da Matemática, em uma perspectiva evolucionista linear.

Na conclusão do trabalho, Roratto et al. informam que possuem consciência dos empecilhos que dificultam a utilização da História da Matemática nessa perspectiva na sala de aula, principalmente no que se refere ao tempo despendido para o ensino de um conceito. No entanto, no caso das Funções, acreditam que as expressões matemáticas envolvidas terão sentido para os alunos e não serão algo artificial e desprovido de significado.

1.4 Mapas conceituais e Unidades de ensino potencialmente significativa

Moreira (2011) no artigo: Unidades de ensino potencialmente significativas, propõe a construção de uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa. Partindo das premissas de que não há ensino sem aprendizagem, de que o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim, essa sequência é

proposta como sendo uma UEPS. São sugeridos passos para sua construção, são dados exemplos e é apresentado um glossário dos termos técnicos utilizados.

Moreira (1997) no artigo: Mapas conceituais e aprendizagem significativa - os mapas conceituais são propostos como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa. Além disso, apresenta-se sua fundamentação teórica e são dados exemplos, particularmente na área de ciências.

Na conclusão, Moreira (1997) informa que aparentemente simples e às vezes confundidos com esquemas ou diagramas organizacionais, mapas conceituais são instrumentos que podem levar a profundas modificações na maneira de ensinar, de avaliar e de aprender. Procuram promover a aprendizagem significativa e entram em choque com técnicas voltadas para aprendizagem mecânica. Utilizá-los em toda sua potencialidade implica atribuir novos significados aos conceitos de ensino, aprendizagem e avaliação. Por isso mesmo, apesar de se encontrar trabalhos na literatura ainda nos anos setenta, até hoje o uso de mapas conceituais não se incorporou à rotina das salas de aula.

1.5 Obras literárias sobre Física de Partículas

Abdalla (2005) no livro: O discreto charm das partículas elementares - pauta-se pelo uso de figuras criativas, desenhadas por Sergio Kon, dando personalidade às partículas elementares. Cada partícula tem uma imagem pictórica, como uma identidade, dando-lhe um caráter único. Partículas leves como *léptons* possuem asas; já o próton, que não é elementar, é representado por um monstinho todo costurado dando a entender que é formado por outras partículas. No livro é notada a presença constante de um discurso envolvendo ciência, tecnologia e sociedade, que a autora costura com habilidade ao longo do texto.

Nesse livro, o conhecimento científico é apresentado de uma forma histórica, em que os cientistas cometem erros, ideias equivocadas são apresentadas e derrubadas, descobertas são feitas ao acaso (como a radiação cósmica de fundo), grandes investimentos e colaborações internacionais são feitos e, como resultado, não apenas respostas a questões de ciência básica são obtidas, mas também se produz a tecnologia presente em nosso cotidiano.

Gilmore (2002) no livro: O mágico dos *quarks* realiza uma paródia do clássico “O mágico de oz”, utilizando os personagens: Dorothy, o Espantalho, o Homem de Lata, o Leão e terríveis feiticeiras - para explicar de maneira clara o mundo das subpartículas atômicas.

Gilmore torna compreensível e divertido os conceitos como: a constante de Planck, a superposição, o tunelamento ou os *quarks* e os *léptons* que sustentam os fundamentos da física moderna.

Gilmore (1998) no livro: Alice no país do quantum realiza uma paródia do clássico livro “Alice no país das Maravilhas”, de Lewis Carrol. Nesta história, a protagonista é chamada pela tela de um aparelho de TV e cai num mundo onde penetra no interior dos átomos, do núcleo atômico, do nêutron e dos *quarks*, por exemplo. O livro consegue introduzir o leitor aos conceitos básicos da Mecânica Quântica e da Física das Partículas, combinando romance com textos expositivos. É uma ótima dica para os estudantes, trazendo conceitos interessantes para o entendimento dos modelos atômicos, em particular, o modelo de Rutherford/Bohr.

1.6 Livros didáticos de Física do Programa Nacional do Livro Didático (2018/2021)

Yamamoto e Fuke (2017) no livro Física para o Ensino Médio vol. 3, destinam da página 230 a 282 para a Física Moderna. A seção é dividida em Teorias da Relatividade, Teoria Quântica e Física Nuclear. Do capítulo alvo deste estudo: Teoria Quântica - são destinadas as páginas 247 a 261, totalizando quatorze páginas. O capítulo é dividido ainda em: A radiação do corpo negro; O espectro eletromagnético; O efeito fotoelétrico; A dualidade da luz e da matéria; O princípio da complementaridade; O modelo atômico de Bohr e O princípio da incerteza de Heisenberg. Como visto os autores não abordam no livro, o tema Física de Partículas e Partículas Elementares.

Torres et. al. (2016) no livro Física Ciência e Tecnologia vol. 3 destinam da página 187 a 280 para a Física Moderna e Contemporânea. A seção é dividida em Relatividade especial, Física Quântica, Física Nuclear e Tecnologias das comunicações. Do capítulo alvo do estudo: Física Quântica – são destinadas as páginas 205 a 230. O capítulo é dividido ainda em: Surgimento da Física Quântica; Radiação Térmica e a Teoria Quântica de Planck; Efeito Fotoelétrico; Modelo Atômico de Bohr; Dualidade Onda-partícula; Princípio da Incerteza e Nanotecnologia. Quanto ao conteúdo Física de Partículas, este aparece no capítulo: Física Nuclear, onde são destinadas somente as páginas 251 a 253, para os conteúdos: Forças Fundamentais da Natureza e Partículas Fundamentais da Matéria-antimatéria.

Martini et. al. (2016) no livro *Conexões com a Física* vol. 3, destinam da página 230 a 256 para a unidade 4: *Questões da Física do Século XXI*. A unidade é dividida em: *A Teoria da Relatividade Restrita e Elementos da Mecânica Quântica*. Do capítulo alvo do estudo, é destinada somente a página 238 para o tema: *Decaimento do Múon*.

Válio et. al. (2016) no livro *Ser Protagonista* vol. 3, destinam da página 204 a 269 para a unidade 3: *Física Moderna*. A unidade é dividida em: *A Física do “Muito Pequeno” e A Física do “Muito Grande”*. O capítulo alvo do estudo é subdividido em: *Estrutura da matéria; Física quântica; A física das partículas elementares; Física Nuclear; Modelos cosmológicos iniciais; Teoria da relatividade e Modelo-padrão do Universo*. Para o conteúdo: *A Física de Partículas Elementares*, objeto alvo do estudo, é destinada somente da página 225 a 227.

Biscuola et. al. (2016) no livro *Física 3*, destinam da página 246 a 282 para a unidade 4: *Física Moderna*. A unidade é dividida em: *Noções de Física Quântica e Relatividade e outras noções*. O capítulo alvo dessa análise é subdividido em: *Surgimento da Teoria da Relatividade; Os postulados de Einstein; A dilatação do tempo; A contração do comprimento; Composição de velocidades; Massa relativística; Equivalência entre massa e energia; Relação entre a energia e a quantidade de movimento; Comportamento ondulatório da matéria; De Broglie e o modelo de Bohr e por fim: As quatro forças fundamentais da natureza*, onde são destinadas somente quatro páginas ao conteúdo.

Pietrocola et. al. (2016) no livro *Física em contextos*, destinam da página 176 a 179 para a unidade 3: *Radiação e Matéria*. A unidade é dividida em: *A natureza da luz; Estrutura da matéria e Partículas elementares*. O capítulo analisado é subdividido em: *O mundo das partículas; Aceleradores; Dispositivos de detecção de partículas; Leis de conservação e Três partículas especiais: pósitron, píon e os raios cósmicos*. Neste livro, observa-se que foi destinado um maior número de páginas (trinta) para o conteúdo *Física de Partículas*, conseguindo assim, uma abordagem mais completa.

Guimarães et. al. (2017) no livro *Física 3*, destinam da página 185 a 278 para a unidade 4: *O muito pequeno e o muito grande*. A unidade é dividida em: *Os pilares da Física Moderna; Física nuclear e Cosmologia e partículas elementares*. O capítulo alvo da análise é subdividido em: *A criação; A vida de uma estrela; Origem do Sistema Solar; O universo; Os tijolos da matéria e Interações fundamentais e modelo-padrão*. Para o conteúdo pretendido foram destinadas as páginas 269 a 273, ou seja, somente quatro páginas onde se aborda as três gerações de partículas e as interações fundamentais.

Gaspar (2016) no livro *Compreendendo a Física* destina da página 226 a 305 para a unidade 4: Física Moderna. A unidade é subdividida em: Relatividade; Origens da Física Quântica e A nova Física. O capítulo alvo do estudo é subdividido ainda em: O spin do elétron; Pauli e o princípio da exclusão; As ondas de matéria; A Mecânica ondulatória; O princípio da incerteza; O nêutron e o pósitron; O neutrino e a conservação da energia; O núcleo atômico e a energia nuclear; Um novo tipo de partícula e A Física de partículas. Desse total, observa-se que foram destinadas em torno de onze páginas para o conteúdo Física de Partículas e Interações Fundamentais.

Filho e Silva (2016) no livro *Física aula por aula vol.3*, destinam da página 199 a 245 para a unidade 5: Física Moderna e Contemporânea. A unidade é dividida em: Teoria da Relatividade Restrita; Física Quântica e Física Nuclear. No livro não foram identificados tópicos que abordam a Física de Partículas e as Interações Fundamentais.

Filho e Toscano (2016) no livro *Física 3 – Interações e Tecnologia* destinam da página 186 a 210 para o capítulo 5: Tópicos de Física Moderna, sendo que o capítulo é dividido em: Uma nova maneira de compreender o mundo físico; A física moderna e as novas tecnologias; Da radioatividade às radioterapias e O núcleo atômico. No entanto, não foram identificados tópicos sobre a Física de partículas e as Interações Fundamentais.

Luz et. al. (2016) no livro *Física contexto e aplicações* destinam da página 241 a 266 para a unidade 4: Física contemporânea. A unidade é subdividida em: Relatividade: antecedentes históricos; A teoria da relatividade especial; A teoria da relatividade geral e Problemas que levaram ao surgimento da Física quântica. No entanto, não foram identificados tópicos de Física de partículas e Interações Fundamentais.

Bonjorno et. al. (2016) no livro *Física 3*, destinam da página 202 a 266 para a unidade 4: Física Moderna. A unidade é subdividida em: Teoria da relatividade restrita; Física quântica e Radioatividade. Ao analisar a unidade, verifica-se que os autores não abordam tópicos de Física de partículas e Interações Fundamentais.

Após análise dos doze livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (2018/2021), verifica-se que oito livros apresentam tópicos de Física de Partículas e Interações Fundamentais, no entanto com um número muito reduzido de páginas. Verificou-se ainda que, em quatro livros não aparece nenhum tópico de Física de Partículas e Interações Fundamentais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 David Ausubel e a teoria da aprendizagem significativa

Visou-se no presente trabalho, elaborar, aplicar e avaliar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS, que é uma sequência de ensino difundida por Moreira (2011), onde ele pauta-se, na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

O conceito de aprendizagem significativa surge da corrente cognitivista que enfatiza o processo de cognição, através do qual a pessoa atribui significados à realidade em que se encontra. Essa corrente preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvido na cognição e procura regularidades nesse processo. Nessa corrente, situam-se autores como Brunner, Piaget, Ausubel, Novak e Kelly. Alguns deles são construtivistas com ênfase na cognição (Brunner, Piaget, Ausubel e Novak), ou enfatizam o afetivo (Kelly e Rogers), (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

O conceito central dessa teoria é o de aprendizagem significativa, que nada mais é que um processo através do qual uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2011).

Segundo Ausubel, este tipo de aprendizagem é, por excelência, o mecanismo humano para adquirir e reter a vasta quantidade de informações de um corpo de conhecimentos. Ausubel destaca o processo de aprendizagem significativa como o mais importante na aprendizagem escolar (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

A ideia mais importante da teoria de Ausubel e suas implicações para o ensino e a aprendizagem podem ser resumidas na seguinte proposição:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe (MOREIRA e OSTERMANN, 1999).

Para David Ausubel, o armazenamento de informações na mente humana é altamente organizado, formando uma espécie de hierarquia conceitual onde elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos, ideias e proposições mais gerais. Já a aprendizagem mecânica é aquela na qual a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco contribuindo para sua elaboração e diferenciação (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

2.1.1 Conceito *subsunçor*

De acordo com Moreira e Masini (2001), supondo que a aprendizagem significativa deva ser preferida em relação à aprendizagem mecânica, e que isso pressupõe a existência prévia de conceitos *subsunçores*, o que fazer quando estes não existem? Como pode a aprendizagem ser significativa nesse caso? De onde vêm os *subsunçores*? Como se formam?

De acordo com Gonzales e Rosa (2014) apud (AUSUBEL, 1980), o foco da Teoria da Aprendizagem Significativa são as modificações sofridas pela estrutura cognitiva do aluno quando uma nova informação se relaciona com uma informação já existente, conhecida como “*subsunçor*”. Ausubel define a estrutura cognitiva como uma estrutura de ideias já existentes (conhecimentos) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação.

O termo *subsunçor* é uma denominação dada por Ausubel ao conjunto organizado de conceitos, proposições ou ideias já existentes na estrutura cognitiva que servem de “âncora” para as novas informações contidas no material instrucional.

Ainda sobre o termo *subsunçor*:

O "*subsunçor*" é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de "ancoradouro" a uma nova informação de modo que ela adquira, assim, significado para o indivíduo: a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação "ancora-se" em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva (OSTERMAN e CAVALCANTI, 2011).

Os *subsunçores* são de suma importância na teoria, uma vez que a aquisição do conhecimento depende da maneira pela qual a informação do material instrucional será relacionada com os *subsunçores* presentes na estrutura cognitiva. Quando as novas informações são apresentadas, interage com os *subsunçores* existentes e, em decorrência deste processo, a estrutura cognitiva é modificada de forma que o indivíduo passa a resolver problemas mais gerais que não conseguia anteriormente.

Em contrapartida, quando a nova informação é apresentada ao aprendiz sem relação com os *subsunçores*, ou ainda que ela se relacione de forma superficial e arbitrária, ocorre outra forma de aprendizagem, denominada aprendizagem mecânica.

Armazenar de maneira arbitrária significa associar o novo conhecimento a qualquer aspecto da estrutura cognitiva do aprendiz, não levando em consideração os aspectos mais relevantes que poderiam servir de “ancoradouro”.

2.1.2 Condições para que ocorra a aprendizagem significativa

Para que ocorra a aprendizagem significativa, Moreira (2001) apud (AUSUBEL, 1968 p. 37-41), aponta duas condições: a primeira relacionada aos conceitos apresentados e a segunda, relacionada fundamentalmente ao aluno. São elas: “a organização de um material potencialmente significativo” e “a intencionalidade do aluno para aprender de forma significativa”.

- a) o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, relacionável a sua estrutura de conhecimento de forma não-arbitrária e não-litera (substantiva);
- b) o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2001).

Nesse sentido, para que um material seja considerado potencialmente significativo, deverá considerar, em sua elaboração, aquilo que o estudante já sabe e também o que ele deve aprender:

(...) organizar um material de ensino potencialmente significativo requer que a relação entre a natureza desses dois conhecimentos – a estrutura lógica do conhecimento em si e a estrutura psicológica do conhecimento do aluno – seja considerada (LEMOS, 2011).

Em consonância com a apresentação do material potencialmente significativo, deve existir a intencionalidade do estudante em aprender de forma significativa:

Para que a aprendizagem significativa ocorra é necessário que o aprendiz manifeste intenção em querer aprender significativamente, sem predisposição para aprender, o que geralmente ocorre é a aprendizagem mecânica, neste tipo de aprendizagem o conceito novo não interage com os *subsunçores* presente na estrutura cognitiva, não conseguindo explicar, transferir ou aplicar este conhecimento em outra situação, porque não ocorreu compreensão, apenas memorização (MOREIRA, 2011).

Diante das condições apresentadas para que ocorra a aprendizagem significativa, vale ressaltar que a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa apresentada nessa pesquisa pautou-se às condições apontadas por Ausubel e apresentadas por Moreira (2011) e Lemos (2011). Nesse sentido, utilizou-se um jogo de cartas construído pelo pesquisador como material de ensino potencialmente significativo e verificou-se a intencionalidade dos alunos em aprender, no instante em que aceitaram e se mostraram entusiasmados em participar da referida pesquisa, onde se considerou na elaboração e apresentação das atividades propostas, a relação entre o conhecimento a ser ensinado e os conhecimentos prévios dos alunos.

2.1.3 A teoria da assimilação

Para que o aluno aprenda significativamente os novos conceitos ensinados, é preciso que ocorram os processos de aquisição e organização dos significados na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999). A esses processos que envolvem diretamente a modificação dos *subsunçores* e, conseqüentemente, da estrutura cognitiva, Ausubel denomina “assimilação” (AUSUBEL, 2003).

A assimilação ocorre quando um novo conceito potencialmente significativo interage com um *subsunçor* ou um conjunto de *subsunçores* que servem de âncora para a nova informação. Enquanto ocorre a interação do novo conceito com o conceito já adquirido, ambos são modificados e dão origem a uma nova estrutura que, estará pronta para receber novos conceitos.

Segundo Ausubel, devido à dinâmica de aprendizagem, que é o produto da interação da nova informação com *subsunçores* já existentes, a nova estrutura cognitiva tende a se tornar cada vez mais estável para servir de âncora para informações futuras.

“[...] estes novos significados desempenham um papel no aumento da estabilidade, bem como no aumento da força de dissociabilidade associada, que resulta da ligação dos mesmos às ideias ancoradas mais estáveis”(AUSUBEL, 2003, p. 8).

Para Roratto et al. (2011), a aprendizagem que não ancora o novo conhecimento em conceitos pré-existentes é considerada mecânica. Ausubel (2003), afirma que um conteúdo aprendido dessa forma não aumenta a substância ou a composição do conhecimento e, de forma geral, tem utilidade limitada, e seu propósito é poupar tempo e esforço.

Em contrapartida, quando conceitos prévios estão presentes na estrutura cognitiva e a aprendizagem se realiza por meio da assimilação de conceitos, aproxima-se da aprendizagem significativa ao passo que, nesse tipo de aprendizagem “os novos significados são produto de uma interação ativa e integradora entre novos materiais de instrução e ideias relevantes da estrutura de conhecimentos existente do aprendiz” (AUSUBEL, 2003, p. 43).

Esse processo de ancoragem é o aspecto essencial para a ocorrência da aprendizagem teorizada por Ausubel. Novas ideias se relacionam com o que o aprendiz já sabe e, como frutos dessa interação surgem os novos significados. Entretanto, é fundamental que essa ancoragem do novo conhecimento sobre o já existente nas estruturas cognitivas seja de forma não arbitrária e não literal (AUSUBEL, 2003).

Sobre esse processo de ancoragem não arbitrária, ainda de acordo com Ausubel (2003), este se refere a não alocação de um novo conhecimento de forma aleatória nas estruturas cognitivas; ele deve estar de alguma forma, interligado com o conhecimento âncora, como se fosse uma continuação, um detalhamento ou um refinamento dessa ideia inicial apresentada. O não literal implica no aluno conseguir resolver situações com pequenas variações comparando-se com aquela a que foi submetido no processo de aprendizagem inicial.

Em outras palavras, o aluno que aprende um conhecimento de forma literal por certo exemplo particular, não conseguirá resolver outros casos cujas estruturas não sejam as mesmas apresentadas nesse exemplo, não sendo capaz de transferir o conhecimento para outras situações.

Ainda sobre o processo de ancoragem, também chamado de subsunção, Ausubel defende que ele ocorre partindo de conceitos mais gerais e inclusivos, até atingir conceitos menos gerais e mais específicos, onde as informações novas e potencialmente significativas ancoram-se, mais frequentemente, a ideias relevantes mais gerais e inclusivas na estrutura cognitiva do aprendiz.

[...] uma vez que a própria estrutura cognitiva tem tendência a ser organizada em termos hierárquicos, no que toca ao nível de abstração, generalidade e inclusão de ideias, a emergência de novos significados proposicionais reflete, de um modo geral, uma relação “subordinada” do novo material a ideias mais subordinantes na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003, p. 93).

Dessa forma, na aprendizagem significativa ocorre uma organização hierárquica do conhecimento de forma que um novo conteúdo aprendido se ancora em conceitos mais gerais e inclusivos já existentes na estrutura cognitiva. Por sua vez, esse novo conhecimento poderá vir a se constituir como âncora para futuros aprendizados.

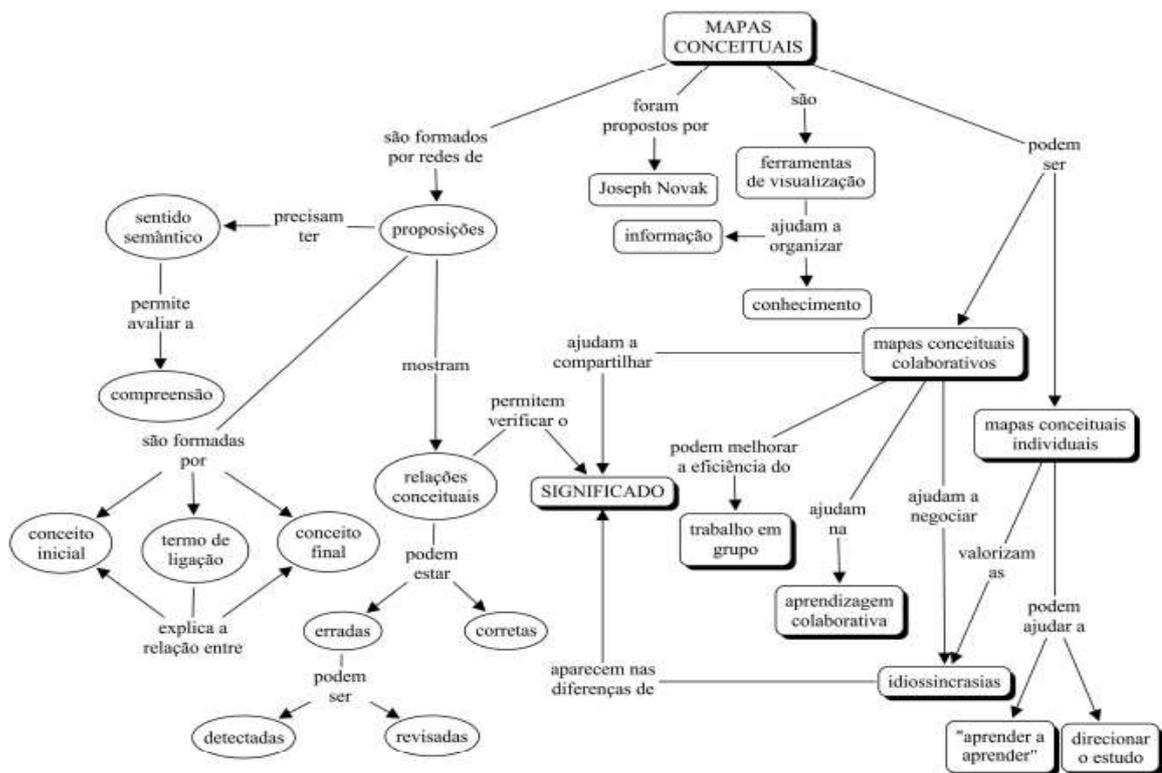
Para a realização da presente pesquisa, evitou-se recorrer à aprendizagem puramente mecânica dos conceitos apresentados. Nesse sentido, as atividades foram desenvolvidas levando em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes com o objetivo de promover a aprendizagem significativa. Para tanto, foram realizadas atividades (mapas conceituais e sondagens) para identificar a presença de *subsunções* relacionados especificamente a conceitos básicos de física de partículas, mais especificamente, modelo padrão e interações fundamentais.

2.2 Os mapas conceituais de Joseph Novak

O mapa conceitual foi criado na década de 1970, pelo professor da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos e colaborador de Ausubel, Joseph D. Novak, como uma aplicação prática da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Um mapa conceitual é um diagrama que apresenta conceitos inter-relacionados formando uma estrutura conceitual. As relações existentes entre os conceitos são representadas por linhas que devem conter palavras-chave, cuja função é explicitar a natureza das mesmas. Cada conjunto formado por dois ou mais conceitos e uma ou mais palavra-chave forma uma proposição que evidencia o significado da relação conceitual representada (MOREIRA, 1997).

Os mapas conceituais apresentam uma organização hierárquica, partindo de um conceito mais amplo, mais inclusivo, para conceitos mais específicos, menos inclusivos. Na parte superior do mapa deve(m) estar o(s) conceito(s) mais inclusivo(s), mais geral(is). Na medida em que caminhamos verticalmente para baixo no mapa, encontramos conceitos mais específicos, como representado na figura a seguir.

Figura 1 - Um mapa conceitual sobre o mapeamento conceitual.



Fonte: Correia et. al. (2010).

Para Cavellucci (2009), os mapas conceituais representam uma síntese de determinado tema. Nesse sentido, não existe uma única forma de representar um conhecimento ou uma estrutura conceitual, porque cada representação depende da estrutura cognitiva do autor da representação, da forma como ele percebe e representa o mundo, dos conceitos e relações escolhidos naquele contexto e do critério usado por ele para organizá-los.

Para a construção de um mapa conceitual é possível utilizar figuras geométricas (retângulo, elipse, círculo), no interior destas figuras são apresentados os conceitos. É possível ainda utilizar palavras e linhas conectoras entre elas. As linhas podem fornecer direção e sentido para determinadas relações entre conceitos ou até mesmo ajudar a guiar a leitura do mapa. Vale ressaltar que o mais importante é conseguir apresentar com clareza os significados atribuídos aos conceitos e as relações entre eles no contexto considerado.

O impacto visual do mapa conceitual não é o aspecto mais importante em sua elaboração, no entanto sua importância é ressaltada por Novak (1988, p. 106), quando relata que “um bom mapa conceitual é conciso e mostra as relações entre as ideias principais de modo simples e atraente, aproveitando a notável capacidade humana para representação visual”.

Ainda sobre a construção propriamente dita do mapa, vale ressaltar que ela não deve necessariamente ocorrer “de cima para baixo”; conforme preconiza a concepção ausubeliana, onde os conceitos mais abrangentes, mais inclusivos, devem figurar na parte superior do mapa. Para tanto, é conveniente que fique claro o modo como os conceitos estão relacionados entre si. Com idas e vindas “de cima para baixo” e “de baixo para cima” no mapa, é importante explorarmos explicitamente as relações de subordinação e superordenação entre os conceitos (MOREIRA, 2006).

Como alerta final, é importante ressaltar que cada professor e cada aluno possuem suas preferências de aprendizagem que, nem sempre, incluem representações visuais. Aqui as preferências de aprendizagem devem ser entendidas como o conjunto de preferências, que determina uma abordagem individual para aprender. Estas preferências variam ao longo da vida, de acordo com a situação de aprendizagem, seu conteúdo e a experiência do aprendiz, uma vez que, cada aprendiz tem sua história de vida, experiências de aprendizado bem sucedidas, outras nem tanto. Este conjunto de experiências serve como pano de fundo para seus aprendizados (CAVELLUCCI, 2003).

2.3 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS

A UEPS, segundo Moreira (2011), é uma sequência de ensino direcionada à aprendizagem significativa de conceitos e tópicos específicos de um ou mais conteúdos escolares. A tese central é que os materiais e recursos utilizados estejam voltados a uma aprendizagem significativa na perspectiva de David Ausubel.

Ao elencar as condições para que ocorra uma aprendizagem significativa da forma que preconiza Ausubel, Moreira (2011) informa que o material a ser aprendido deve ser potencialmente significativo para o aprendiz.

Para cumprir essa necessidade, Moreira (2011) propõe a construção de sequências didáticas que ele nomeia: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, sendo que estas devem seguir os seguintes princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud)
- frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);
- a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da

diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (MOREIRA, 2011).

Para conduzir a construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, Moreira (2011) propõe oito passos, que ele nomeia de Aspectos Sequenciais:

1. definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;
5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;
6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio-visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação

às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais (MOREIRA, 2011).

Para finalizar, Moreira (2011) apresenta ainda alguns aspectos transversais:

- em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados;
- como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão;
- embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais (MOREIRA, 2011).

Quanto ao material potencialmente significativo, Moreira (2011) destaca ainda que “o significado está nas pessoas, não nas coisas”. Sendo assim, não existem livros ou aulas significativas, mas, no entanto, estes podem tornar-se significativos quando apresentam um significado lógico “ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, enfim, serem aprendíveis”, somando a isso os conhecimentos prévios adequados para relacionar-se com os conhecimentos apresentados por esses materiais.

Os passos apresentados por Moreira (2011), não necessitam serem seguidas de forma tão rígida, mas devem fundamentalmente oportunizar a incorporação de novas situações problemas, proporcionando que o professor faça suas adequações, para que possam ser utilizados como forma de subsidiar a abordagem de temas no ensino das ciências da natureza.

3. METODOLOGIA

3.1 A metodologia de pesquisa

Há um clamor pela necessidade de atualização curricular do ensino de Física, em especial pela introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, assim como preconiza os PCN+. No entanto, o que se tem visto são ações que visam explicar “o porquê” e “se é possível” ensinar FMC no Ensino Médio, enquanto que, quanto ao “como fazer” poucas ações efetivas são apresentadas (SIQUEIRA, 2006). Nesse sentido, é apresentada uma proposta de passo a passo do “como fazer” para se ensinar tópicos de FMC no Ensino Médio.

Para a realização deste trabalho optou-se por uma metodologia fundamentada no levantamento de conhecimentos prévios, a confecção e uso de materiais potencialmente significativos, e por fim, uma busca por evidências da presença de aprendizagem significativa.

Assim, elaborou-se uma sequência didática sobre Física de Partículas que introduz os principais conceitos dessa área que se acredita estar ao alcance dos alunos. Os dados obtidos foram analisados de forma qualitativa e quantitativa.

3.2 Contextualização

Aplicou-se a sequência didática entre os meses de abril e maio de 2018, na Escola Estadual Virgílio de Melo Franco, localizada na cidade de Unaí-Mg. A escola oferece o terceiro ano do Ensino Médio, nos turnos matutino e vespertino; As três séries do Ensino Médio na modalidade EJA, no noturno; primeiro e segundo ano do Ensino Médio de tempo integral nos turnos matutino e vespertino; e Cursos Técnicos em: Informática, Administração, Recursos Humanos e Marketing no noturno. A escola possui 13 salas de aula, um laboratório de Informática, um laboratório de Ciências, uma biblioteca e uma sala de vídeo.

As salas de aula da escola são equipadas com duas lousas, uma para giz e outra para pincel, dois ventiladores, carteiras modelo universitário, contando ainda com mesa e cadeira para o professor. O laboratório de informática conta com vinte computadores com acesso à internet. A escola dispõe ainda de: quatro aparelhos de *data show* e duas caixas de som que podem ser levados à sala de aula.

Desenvolveu-se o trabalho com três turmas da terceira série do Ensino Médio (turno vespertino). Cada turma conta com um número de cerca de trinta e dois alunos matriculados, sendo que do total, no máximo cinco são infrequentes. A aplicação ocorreu sem objeção dos alunos, uma vez que o professor pesquisador já havia trabalhado com estes desde o primeiro ano do Ensino Médio.

3.3 Seleção e confecção dos materiais utilizados na pesquisa

A sequência didática, bem como as ações que a fundamentaram e deram suporte ao seu desenvolvimento foram estruturadas em oito etapas.

Na primeira etapa apresentou-se a proposta de sequência didática aos alunos e assim que aceitaram, procedeu-se uma explanação sobre o que são mapas conceituais e sobre técnicas para sua construção.

Na segunda etapa abordou-se a teoria do “*Big Bang*” com o intuito de apresentar aos alunos a origem das primeiras partículas elementares. Para tanto, foi exibido um vídeo que se encontra disponível no *Youtube* e um infográfico que apresenta a evolução do universo.

Na terceira etapa, abordou-se o tema “aceleradores de partículas” com o intuito de demonstrar aos alunos como é possível recriar partículas que surgiram no *Big Bang*, mas que deixaram de existir. Para tanto, foi apresentado um vídeo que se encontra disponível no *Youtube* e explica o que são os aceleradores de partículas e qual a sua aplicação. Logo em seguida, foi apresentado *slides* com os principais aceleradores de partícula no mundo.

Na quarta etapa, utilizou-se um mapa conceitual elaborado por Moreira (2014) e um pôster para ensinar física de partículas, elaborado por Ostermann e Cavalcanti (2001). Todos possuem o objetivo de levar os estudantes a conhecerem as famílias das partículas elementares, entenderem como se agrupam, além de apresentar suas cargas elétricas, massas e *spin*. O material possui ainda o objetivo de levar os alunos a conhecerem as quatro interações fundamentais.

Na quinta etapa, utilizou-se um jogo de cartas confeccionado pelo pesquisador. O objetivo do jogo é consolidar os conhecimentos sobre famílias das partículas elementares e interações fundamentais.

Na sexta etapa, abordou-se o tema *hádrons* e os princípios que regem sua formação, com o intuito de demonstrar aos alunos que estes não são elementares, e que são formados por *quarks*. Abordaram-se ainda as leis de formação do *spin* e da carga elétrica. Para tanto utilizou-se uma apresentação em *PowerPoint* e um vídeo disponível no *Youtube*. O vídeo fala sobre a partícula elementar *quark*. Ao final, aplicou-se um questionário onde os alunos deveriam demonstrar seus conhecimentos sobre o que foi apresentado.

Na sétima etapa aplicou-se novamente o jogo de cartas com o objetivo de levar os alunos a consolidarem os conhecimentos sobre a constituição dos *hádrons*, analisando as leis de conservação da carga elétrica, e do *spin*.

Por fim, na oitava etapa procedeu-se uma verificação final através de um questionário, com o objetivo de levantar indícios de aprendizagem significativa e a aplicação de uma pesquisa de opinião com o objetivo de identificar possíveis falhas e melhorias na aplicação da sequência didática.

3.4 Atividades desenvolvidas

Para a realização da pesquisa, optou-se por seguir as orientações de Moreira (2011) para a estruturação e desenvolvimento de uma UEPS. Desenvolveu-se a sequência didática durante oito encontros, sendo que cada encontro se compôs por duas aulas geminadas de cinquenta minutos cada. Durante os primeiros encontros, buscou-se a identificação de conceitos *subsunçores* por meio da análise dos mapas conceituais preliminares, com o objetivo de ancorar os novos conceitos relevantes da estrutura de conhecimento dos alunos.

Durante o desenvolvimento da sequência didática, o pesquisador manteve-se atento à participação dos estudantes durante todo o processo, oferecendo condições para que se motivassem. Realizou-se ainda uma análise dos mapas conceituais desenvolvidos ao final dos encontros, bem como uma análise das respostas apresentadas pelos estudantes aos questionários impressos, com o intuito de identificar evidências de aprendizagem significativa.

3.4.1 Etapas da sequência didática

Para uma melhor organização, a construção e aplicação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS estruturou-se de forma que ocorresse em oito etapas, a saber:

1^a - apresentação e descrição da proposta de sequência didática, aplicação de um questionário inicial com o intuito de identificar *subsunçores* e por fim, a construção de mapas conceituais iniciais.

2^a - discussão inicial sobre o tema “*Big Bang*”; abordagem dos temas relacionados ao surgimento do universo e surgimento das primeiras partículas elementares; desmistificação de temas relacionados à ficção e a ciência, construção e coleta de dados através de mapas conceituais.

3^a - discussão sobre o tema “acelerador de partículas”; abordagem dos temas relacionados à “quebra” de partículas, com o intuito de estudá-las; coleta dos dados através de mapas conceituais.

4^a - discussão sobre o tema “partículas elementares”; “interações fundamentais da natureza”; “modelo padrão” e abordagem dos temas relacionados à conservação de: carga elétrica e *spin*.

5^a - aplicação de um jogo de cartas elaborado pelo pesquisador. O jogo aborda a “constituição das famílias das partículas elementares” e as “interações fundamentais da natureza” que compõem o “modelo padrão”.

6^a - discussão sobre o tema *quarks* e a formação dos *hádrons* e a lei de conservação da carga elétrica. Para encerrar, aplicação de um questionário sobre conservação da carga elétrica.

7^a – segunda aplicação do jogo de cartas também elaborado pelo pesquisador. O Jogo aborda os tópicos relacionados aos *quarks*, formação de *hádrons* e lei de conservação de carga elétrica.

8^a - coleta de dados para avaliar a aplicação da UEPS através de um questionário de verificação final, pesquisa de opinião, análise das causas dos resultados obtidos e apontamento das falhas observadas durante o processo.

3.4.2 Encontros da sequência didática

A organização, bem como a forma como os oito encontros da UEPS ocorreram, segue detalhada a seguir:

1º – Apresentação da proposta de trabalho, aplicação de um questionário de verificação inicial, apresentação sobre mapas conceituais e construção de mapas conceituais sobre temas pré-determinados.

Nesse momento, informou-se aos estudantes sobre a pesquisa desenvolvida no âmbito do Mestrado em Ensino de Física ao qual o professor é aluno e que esta se tratava de um trabalho sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Nesse momento já surgiram algumas dúvidas a respeito dos temas tratados e que até então eram totalmente novos para alguns alunos.

Após uma breve explanação sobre o tema, convidaram-se os alunos a participarem da pesquisa e após terem aceitado, iniciou-se uma explanação sobre como esta ocorreria e as etapas a serem desenvolvidas.

Neste encontro os alunos responderam a um questionário de verificação inicial que se encontra na subseção 2.1.1, do Produto Educacional, com o intuito de identificar *subsunçores*. Logo após, os alunos realizaram a construção de um mapa conceitual. A elaboração do mapa conceitual seguiu as etapas:

- ✓ Apresentação de *slides* sobre o que é, e como construir mapas conceituais. Os *slides* apresentados foram elaborados pelo pesquisador e estão relacionados na subseção 2.1.2 do Produto Educacional.

- ✓ Elaboração de um mapa conceitual pelo professor, a título de exemplo. O tema escolhido foi a “Eletricidade”. Os alunos ditaram conceitos relacionados à Eletricidade, enquanto o professor os anotava no quadro. Assim que vários tópicos foram levantados, estes foram organizados no mapa conceitual.

- ✓ Solicitação de construção em grupos de um mapa conceitual, com os temas: ramos da física, da química e da biologia.

Ao final do encontro, onde se objetivou informar aos alunos sobre o projeto a ser desenvolvido, identificar possíveis *subsunçores* e a familiarização com os mapas conceituais, solicitou-se aos alunos que realizassem uma pesquisa sobre o que foi o *Big Bang*, objetivando chamar a atenção dos estudantes para o conteúdo que seria abordado no próximo encontro.

2º – Discussão sobre o que foi o *Big Bang*, a formação do universo, a formação das primeiras partículas elementares, dos primeiros elementos da tabela periódica e das primeiras estrelas.

A aula iniciou-se com um debate sobre a pesquisa realizada pelos estudantes sobre o tema determinado na aula anterior. Para tanto, discutiu-se em sala de aula o resultado da investigação sobre o que foi o *Big Bang* e a formação do universo. Para um melhor aproveitamento do debate, sempre que necessário realizava-se intervenções por parte do investigador.

Durante o debate evidenciou-se que grande parte dos alunos não realizou a pesquisa solicitada, demonstrando pouco envolvimento destes com o trabalho. Apesar disso, a discussão teve um bom andamento, uma vez que, conseguiu-se atingir o objetivo desejado.

Após a discussão inicial, procedeu-se a apresentação de dois vídeos disponíveis no *Youtube* com *links* relacionados na subseção 2.2.1 do Produto Educacional. Os vídeos escolhidos tratavam dos seguintes temas:

- ✓ O *Big Bang*;
- ✓ A origem do universo;
- ✓ Expansão do universo;
- ✓ Formação das primeiras partículas elementares;
- ✓ Formação dos primeiros elementos da tabela periódica (hidrogênio e hélio);
- ✓ Formação das primeiras estrelas;

Para completar a apresentação dos *slides*, demonstrou-se um infográfico com a expansão temporal do universo, onde os alunos puderam entender melhor como o universo evoluiu nos primeiros instantes. O infográfico utilizado encontra-se relacionado na subseção 2.2.1 do Produto Educacional.

Nesse momento, recomendou-se aos alunos que gostariam de aprofundar seus conhecimentos nesse assunto, que fizessem uma leitura do livro: O discreto charme das partículas elementares, da autora Maria Cristina Batoni Abdalla.

Por fim, com o intuito de verificar indícios de aprendizagem significativa, solicitou-se aos estudantes que construíssem mapas conceituais representando o *Big Bang* e a formação das primeiras partículas elementares, dos primeiros elementos da tabela periódica e a formação das primeiras estrelas.

3º – Discussão sobre os aceleradores de partículas e sua importância para o estudo do universo.

Esta aula objetivou discutir o que é um acelerador de partículas, como é o seu funcionamento, quais são as pesquisas desenvolvidas, qual é o seu objetivo e quais são os principais aceleradores em funcionamento distribuídos pelo mundo.

A aula iniciou-se com a exibição de um vídeo disponível no *Youtube*. O vídeo fala sobre o acelerador de partículas da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, conhecido como (CERN), acrônimo para *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*. O acelerador encontra-se em Genebra e é o maior laboratório de Física de Partículas do mundo. O *link* para o vídeo está relacionado na subseção 2.3.1 do Produto Educacional, e trata dos seguintes temas:

- ✓ Definição de (CERN);
- ✓ Principais pesquisas desenvolvidas;
- ✓ O objetivo das pesquisas desenvolvidas;
- ✓ Funcionamento de um acelerador;
- ✓ Descobertas realizadas até aqui;
- ✓ Principais desafios e expectativas para o futuro;

Por fim, utilizou-se uma apresentação disponível na página do *Prezi*, com o intuito de aprofundar o assunto sobre acelerador de partículas. O *link* para a apresentação encontra-se relacionado na subseção 2.3.2 do Produto Educacional, e aborda os seguintes temas:

- ✓ Funcionamento dos aceleradores;
- ✓ Tipos de aceleradores;
- ✓ Principais aceleradores espalhados pelo mundo;
- ✓ Aceleradores brasileiros.

Nesse instante, discutiram-se questões que até então, para os alunos não passavam de ficção científica. Tais temas foram: matéria e antimatéria; buracos negros e o fim do mundo; a expansão do universo; dentre outros.

Para encerrar a aula e verificar se houve indícios de aprendizagem significativa, solicitou-se aos estudantes que construíssem um mapa conceitual abordando o tema: aceleradores de partículas e outros assuntos discutidos no encontro e que de alguma forma os chamou a atenção.

4º – Discussão sobre o modelo padrão, a família das partículas elementares e sobre as interações fundamentais.

Essa aula objetivou discutir assuntos relacionados às partículas elementares e interações fundamentais e sobre temas como: massa, carga elétrica e *spin* das partículas.

A aula iniciou-se com a apresentação de um vídeo disponível no *Youtube*, com o objetivo de promover uma discussão sobre as partículas elementares. O vídeo aborda o modelo padrão, as partículas elementares, as interações fundamentais e discute brevemente sobre os *hádrons*. O *link* para o vídeo está relacionado na subseção 2.4.1 do Produto Educacional, e trata dos seguintes temas:

- ✓ Modelo padrão;
- ✓ Partículas elementares;
- ✓ Interações fundamentais;
- ✓ *Bóson de Higgs*.

Em um segundo momento, utilizou-se um texto de (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2001) para aprofundar a discussão sobre Física de Partículas e Interações Fundamentais. O texto encontra-se na Revista Física na Escola, v. 2, n. 1, 2001. O *link* encontra-se relacionado na subseção 2.4.2 do Produto Educacional, e aborda os seguintes temas:

- ✓ Partículas fundamentais existentes no universo;
- ✓ Modelo padrão;
- ✓ Interações fundamentais;
- ✓ Massas de repouso, cargas elétricas e *spin*.

Em um terceiro momento, apresentou-se aos alunos um texto elaborado por (MOREIRA, 2004) onde ele apresenta um mapa conceitual sobre Partículas e Interações. O texto onde o mapa conceitual é apresentado encontra-se na Revista Física na Escola, v. 5, n. 2, 2004, o *link* encontra-se relacionado na subseção 2.4.3 do Produto Educacional, e aborda os seguintes temas.

- ✓ Partículas elementares e interações fundamentais;
- ✓ Mapa conceitual para partículas elementares;
- ✓ Mapa conceitual para interações fundamentais.

Por fim, solicitou-se aos alunos que em grupo, construíssem um mapa conceitual abordando o tema: Partículas Elementares e Interações Fundamentais.

5º – Aplicação de um jogo de cartas sobre as interações fundamentais, família das partículas e modelo padrão.

A aula objetivou a consolidação dos conceitos apresentados sobre o modelo padrão, partículas elementares e as interações fundamentais, através da aplicação de um jogo de carta.

Deu-se início a aula com a divisão de grupos, com três ou quatro estudantes para utilizarem o jogo de cartas. Um modelo das cartas utilizados no jogo encontra-se disponível na subseção 2.5.1 do Produto Educacional.

O baralho é composto por cartas:

- ✓ *léptons*;
- ✓ *antiléptons*;
- ✓ *quarks*;
- ✓ *antiquarks*;
- ✓ *bósons*

O jogo é composto por trinta e seis cartas, sendo que, de acordo com o número de alunos participantes em cada rodada é possível associar dois ou mais baralhos.

As regras do jogo são:

- ✓ cada aluno deverá receber oito cartas em cada rodada;
- ✓ o primeiro a jogar é o aluno que se encontra após o que distribuiu as cartas;
- ✓ na próxima rodada, baralha o aluno que começou o jogo na rodada anterior;
- ✓ o aluno que receber as cartas primeiro, é o primeiro a pegar uma carta no monte e descartar aquela que não lhe serve;
- ✓ o próximo aluno pode pegar a carta descartada ou pegar uma no monte;
- ✓ cada aluno deverá formar duplas partícula/antipartícula, respeitando a família das cartas, ex: elétron/antielétron;
- ✓ ganha a rodada o aluno que formar quatro duplas primeiro;
- ✓ cada rodada vale um ponto;
- ✓ ganha o jogo o aluno que somar três pontos primeiro.

O jogo objetivou familiarizar o aluno com as famílias das partículas elementares para em seguida, através de outros jogos, aprofundar ainda mais sobre as leis de conservação e formação de outras partículas.

6º – Discussão sobre os *quarks*, composição dos *hádrons* e leis de conservação.

A aula objetivou realizar uma discussão sobre os *quarks*, a forma como se agrupam para formarem os *hádrons*, as leis de conservação que regem sua formação e as diferenças básicas entre *hádrons* e *léptons* e entre *mésons* e *bárions*.

Deu-se início a aula com uma apresentação de *slides* sobre a definição e formação dos *hádrons*. Os *slides* encontram-se relacionadas na subseção 2.6.1 do Produto Educacional e tratam dos seguintes temas:

- ✓ diferenças entre *hádrons* e *léptons*;
- ✓ diferenças entre *mésons* e *bárions*;
- ✓ *quarks*;
- ✓ sabores dos *quarks*;
- ✓ cores dos *quarks*;
- ✓ combinação de *quarks*;
- ✓ carga elétrica;
- ✓ *spin*.

Logo em seguida, apresentou-se um vídeo disponível no *Youtube*, onde se discutiu sobre o que são os *quarks*. O vídeo encontra-se relacionado na subseção 2.6.2 do Produto Educacional e aborda os temas:

- ✓ *quarks*;
- ✓ formação de *hádrons*;
- ✓ *mésons* e *bárions*;
- ✓ conservação da carga elétrica;

Em seguida exibiu-se mais um vídeo que aborda mais especificamente as características do *quark up*. O vídeo encontra-se disponível na subseção 2.6.2 do Produto Educacional.

Para finalizar a seção, aplicou-se um questionário onde os alunos deveriam demonstrar o que compreenderam sobre a conservação da carga elétrica. O questionário encontra-se disponível na subseção 2.6.3 do Produto Educacional.

7º – Aplicação do segundo jogo de cartas sobre o a constituição dos *hádrons*, através dos *quarks*, obedecendo a conservação da carga elétrica.

A aula objetivou a consolidação dos conceitos apresentados sobre a constituição dos *hádrons*, sobre os *quarks* e a conservação da carga elétrica.

Deu-se início a aula com a divisão de grupos de três ou quatro estudantes para utilizarem o jogo de cartas. As cartas utilizadas no jogo encontram-se relacionadas no apêndice A do produto educacional.

O jogo é composto por:

- ✓ trinta e seis cartas *quarks*;
- ✓ dado de partículas *mésons*;
- ✓ dado de partículas *bárions*;

As regras do jogo são:

- ✓ os alunos podem jogar individualmente ou formando duplas;
- ✓ o professor arremessa um dado de cada vez, podendo ser o dado *méson* ou *bárion*;
- ✓ o jogador deve formar a partícula sorteada respeitando a conservação da carga elétrica;
- ✓ o jogador pode consultar a tabela com os componentes *quarks* de cada partícula;
- ✓ cada aluno deverá receber nove cartas em cada rodada;
- ✓ o primeiro a jogar é o aluno que se encontra após o que distribuiu as cartas;
- ✓ na próxima rodada, baralha o aluno que começou o jogo na rodada anterior;
- ✓ o aluno que receber as nove cartas primeiro, é o primeiro a pegar uma carta no monte e descartar aquela que não lhe serve;
- ✓ o próximo aluno pode pegar a carta descartada ou pegar uma no monte;
- ✓ ganha a rodada o aluno que primeiro formar a partícula sorteada no dado;
- ✓ cada rodada vale um ponto;
- ✓ ganha o aluno ou dupla que somar três pontos primeiro.

A critério do professor, novas regras e formas de jogar podem ser criadas, uma vez que o jogo é versátil.

8º – Questionário de verificação final e pesquisa de opinião.

No oitavo encontro, aplicou-se um questionário de verificação final onde se comparou as respostas obtidas, com as respostas do questionário de verificação inicial. O intuito da comparação é o de verificar se houve indícios de aprendizagem significativa.

Para finalizar a UEPS, aplicou-se uma pesquisa de opinião com o intuito de identificar possíveis falhas e se possível, propor melhorias. A pesquisa objetivou ainda, medir o nível de satisfação dos alunos com a realização da pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Destinou-se este capítulo para a análise e discussão dos resultados obtidos durante a aplicação do projeto. Para tanto, considerou-se as sondagens inicial e final, bem como, dos mapas conceituais elaborados ao final de cada encontro. Com o intuito de verificar o nível de satisfação dos alunos ao participarem da pesquisa, aplicou-se uma pesquisa de opinião para verificar a satisfação dos estudantes em relação à sequência didática. As análises foram feitas de forma quantitativa e qualitativa, buscando sempre, indícios de Aprendizagem Significativa.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, este precisou ser suspenso por algumas semanas devido a greves e paralisações pela qual passam as Escolas Públicas de Minas Gerais⁵, totalizando até o momento em cerca de sessenta dias. Devido a esse fato, a aplicação dos jogos de cartas precisou ser adiada por algumas vezes. Contudo, a aplicação do projeto foi mantida durante o período de greve para que os prazos estabelecidos fossem cumpridos de forma a evitar longos espaços de tempo na aplicação da sequência. Isso somente foi possível, uma vez que a greve não foi ininterrupta, os professores paravam até terem uma promessa de cumprimento de suas reivindicações, retornando as suas atividades e quando não eram atendidos nos prazos estabelecidos, iniciava-se uma nova paralisação.

Como forma de manter a aplicação do projeto, foram utilizados os sábados letivos destinados à reposição da greve. De certa forma, isso acabou levando um maior número de alunos às aulas de sábado, quando geralmente a frequência é baixa.

No que tange a aplicação da Sequência Didática, vale ressaltar que o projeto não foi baseado em uma simples aprendizagem mecânica de conceitos, contando puramente com recursos de memorização pela repetição literal e arbitrária de significados. Nesse sentido, buscou-se desenvolver as atividades partindo do pressuposto de promover uma Aprendizagem Significativa, apoiando-se nas situações problemas propostas e nos debates gerados.

Sempre que necessário recorreu-se aos conceitos e respectivos significados para o entendimento das atividades propostas. Por fim, destaca-se que a sondagem final ocorreu sem que os alunos fossem informados da data, com o intuito de evitar memorizações.

⁵ Em Minas, trabalhadores da educação estão paralisados por falta de salários. Disponível em: <<http://www.redebrasilatual.com.br/trabalho/2018/06/em-minas-trabalhadores-da-educacao-estao-paralisados-por-nao-receberem-seus-salarios>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

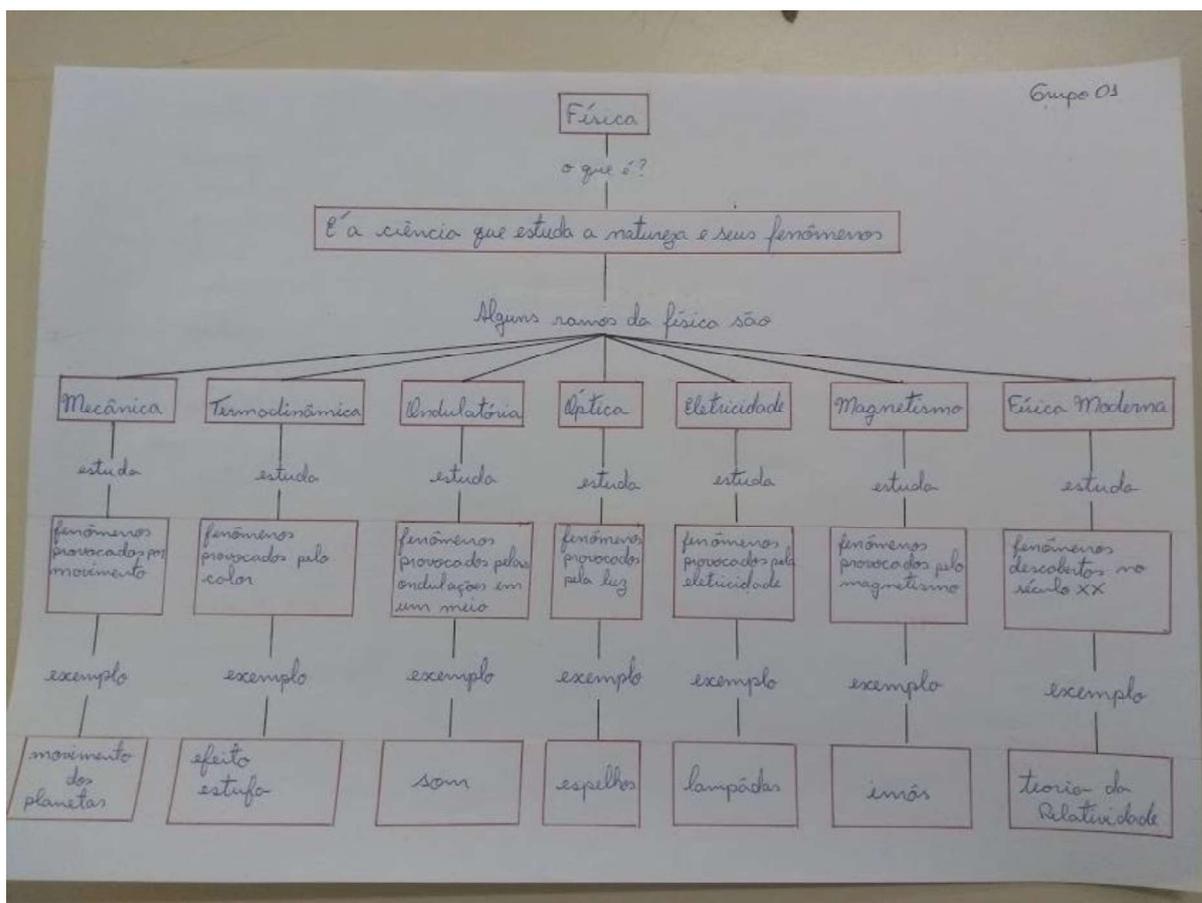
4.1 Análise dos dados obtidos no 1º encontro

4.1.1 Análise dos mapas conceituais iniciais

Nesta seção, analisaram-se os mapas conceituais iniciais elaborados pelos alunos. Nesse momento o pesquisador solicitou aos alunos que dividissem a sala em três grupos e que cada grupo deveria construir um mapa conceitual com um dos temas propostos: Ramos da Física, da Química e da Biologia.

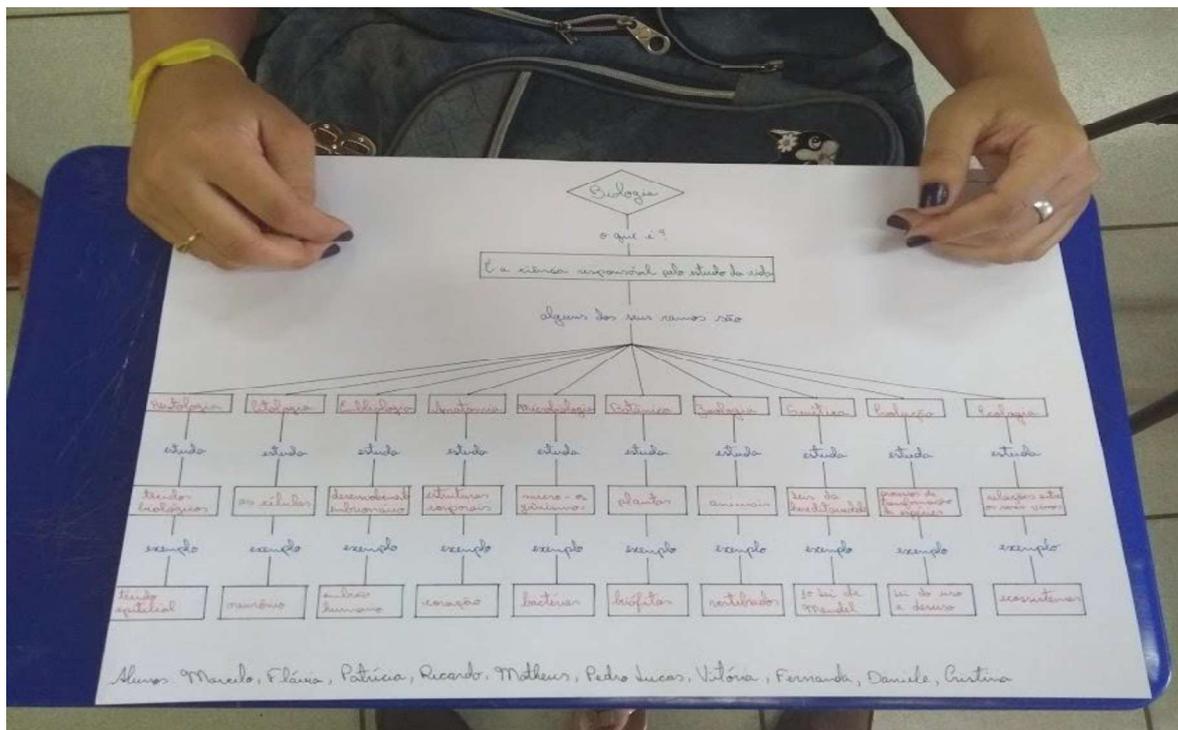
Nesse momento, a intenção do pesquisador não foi a de avaliar os conceitos apresentados pelos alunos, e sim, verificar se conseguiram compreender o que são mapas conceituais e como construí-los, para, a partir daí, começarem a construir os mapas conceituais sobre os temas discutidos.

Figura 2 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 1 - Os ramos da Física.



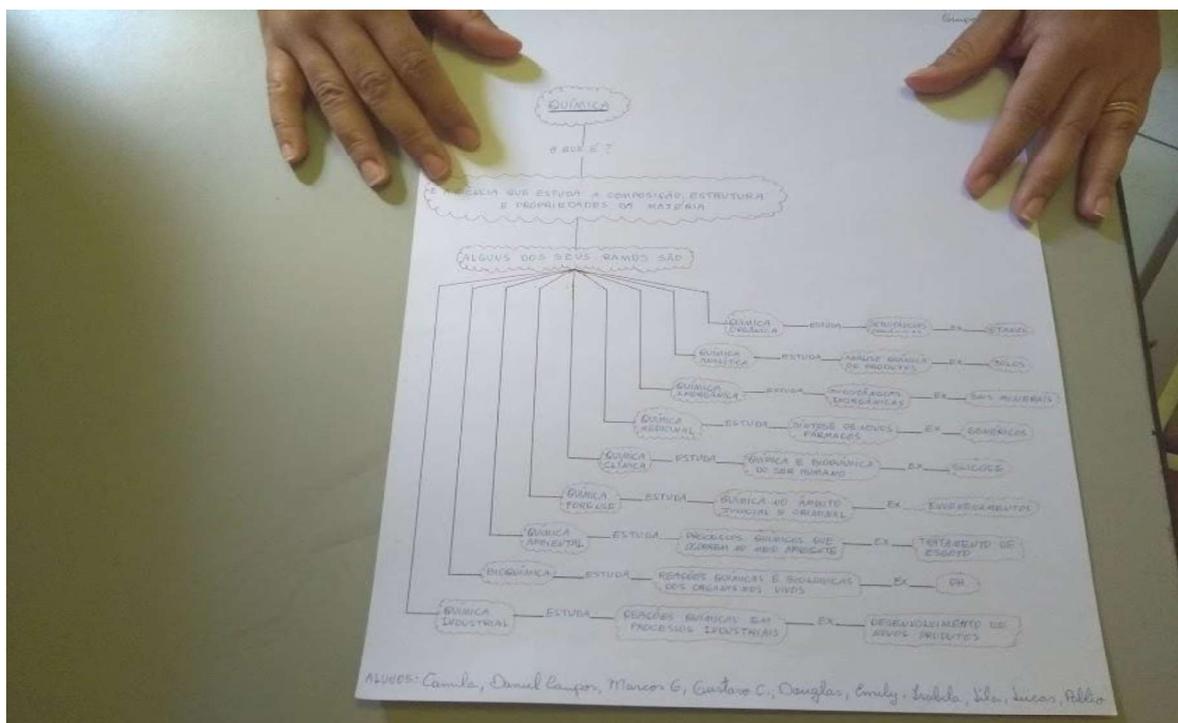
Fonte: Jesus (2018).

Figura 3 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 2 - Os ramos da Biologia.



Fonte: Jesus (2018).

Figura 4 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 3 - Os ramos da Química.



Fonte: Jesus (2018).

Observaram-se nos mapas conceituais construídos pelos alunos, a presença de elementos preconizados por Moreira (1997), tais como: conceitos-chave apresentando os mais gerais e inclusivos no topo do mapa, uso de linhas rotuladas com palavras-chave e utilização de exemplos embaixo dos conceitos correspondentes.

No entanto, verificou-se uma tendência de os alunos construírem um diagrama de fluxo, e não um mapa conceitual. Nesse ponto, o professor precisou intervir e orientar os alunos quanto à diferença entre um mapa conceitual e um diagrama de fluxo.

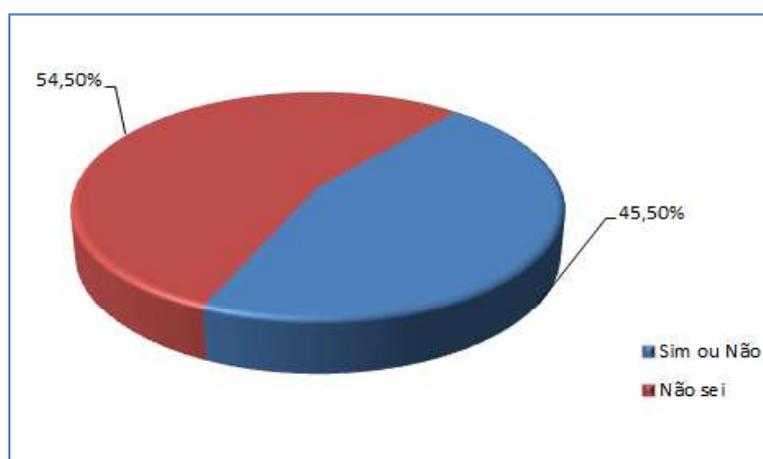
4.1.2 Análise da sondagem inicial

A subseção 2.1.1 do Produto Educacional, traz as questões utilizadas na sondagem inicial. Esta sondagem objetivou identificar os *subsunçores* relacionados aos conceitos que englobam a Física de Partículas e as Interações Fundamentais.

Apresentaram-se os resultados obtidos na sondagem inicial por meio de gráficos e posteriormente compararam-se estes dados com os resultados obtidos na sondagem final. A comparação entre os dados obtidos na sondagem inicial e final proporcionaram uma melhor percepção se houve ou não indícios de aprendizagem significativa.

O primeiro gráfico analisado informa a quantidade de respostas relativas às opções sim, não, ou não sei, ao serem questionados sobre itens relacionados à Física de Partículas e Interações Fundamentais.

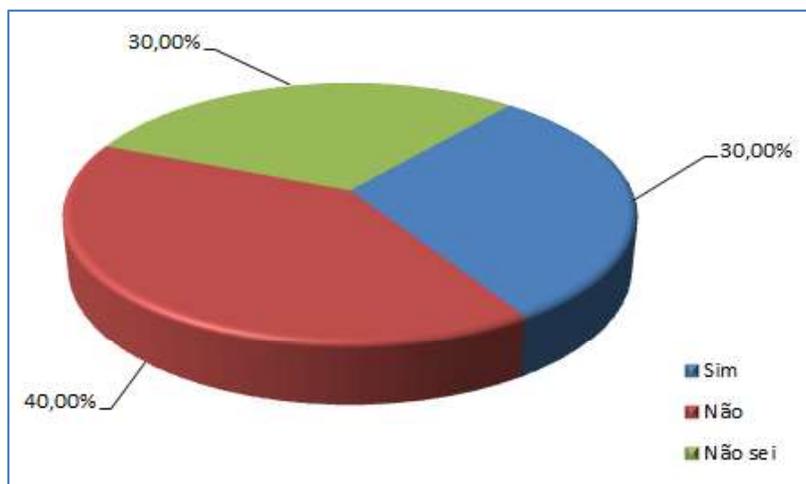
Gráfico 1 – Consolidado das respostas dos alunos na sondagem inicial.



Fonte: Jesus (2018).

O gráfico 1 já indica o desconhecimento dos alunos em relação à Física de Partículas, uma vez que 54,5% dos alunos informaram não saber a resposta para as perguntas propostas.

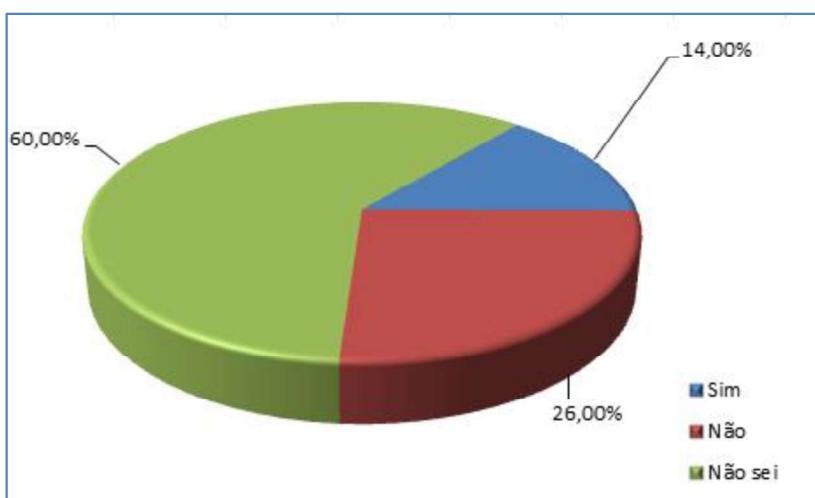
Gráfico 2 – Sondagem inicial – O átomo é a menor estrutura conhecida e, portanto, é indivisível.



Fonte: Jesus (2018).

De acordo com as respostas apresentadas pelos alunos verifica-se que 60% ainda não conseguiram compreender que o átomo é divisível. Desse total, 30% afirmaram não saber, e 40% afirmaram que sim, o átomo é indivisível.

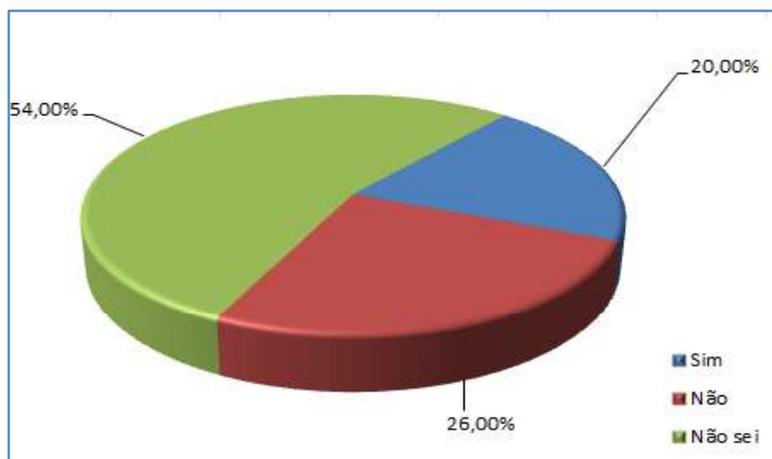
Gráfico 3 – Sondagem inicial – Toda matéria comum é formada por *quarks up, down* e elétrons.



Fonte: Jesus (2018).

No gráfico 2 já ficou evidenciado que os alunos ainda não reconhecem o átomo como partícula indivisível. Já no gráfico 3, percebe-se que 86% não reconhecem que a matéria é formada por *quarks up, down* e elétrons. Possivelmente, muitos sequer já ouviram falar em *quarks*.

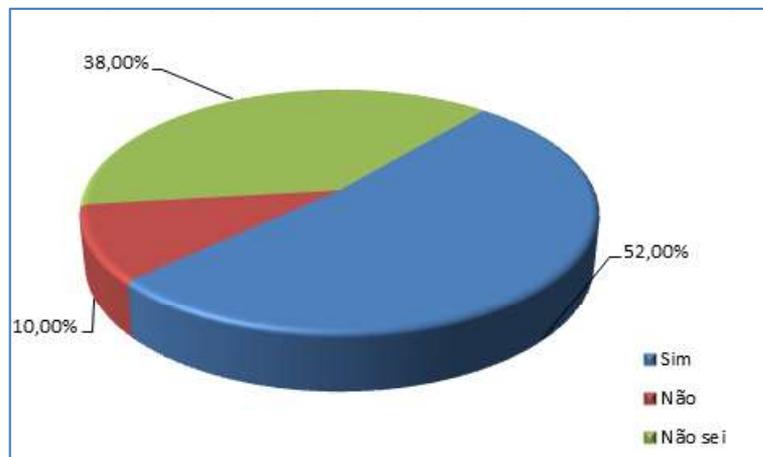
Gráfico 4 – Sondagem inicial – A antimatéria é ficção científica e não um fato científico.



Fonte: Jesus (2018).

Ao abordar o tema antimatéria em sala de aula, muitos o associaram ao filme “Anjos e Demônios” de Dan Brown, muitos afirmaram ainda que esta teria sido a primeira vez que ouviram falar sobre a antimatéria. Ao analisar o gráfico, verifica-se que 20% dos alunos acreditam que a antimatéria é ficção, e 54% não souberam responder. Isso demonstra um desconhecimento sobre o assunto, mesmo a antimatéria tendo sido proposta em 1928.

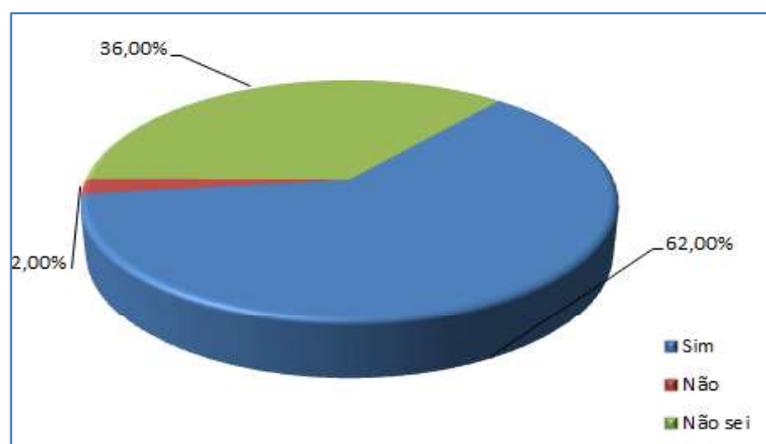
Gráfico 5 – Sondagem inicial – O elétron é composto por partículas ainda menores.



Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar o gráfico 5, verifica-se que apenas 10% dos alunos reconhecem o elétron como partícula elementar, mesmo com o fato de a física de partículas elementares no estudo da natureza de matérias e suas interações terem sua origem em 1897, com a descoberta da primeira partícula elementar que é o elétron. Ou seja, o elétron já é uma partícula centenária.

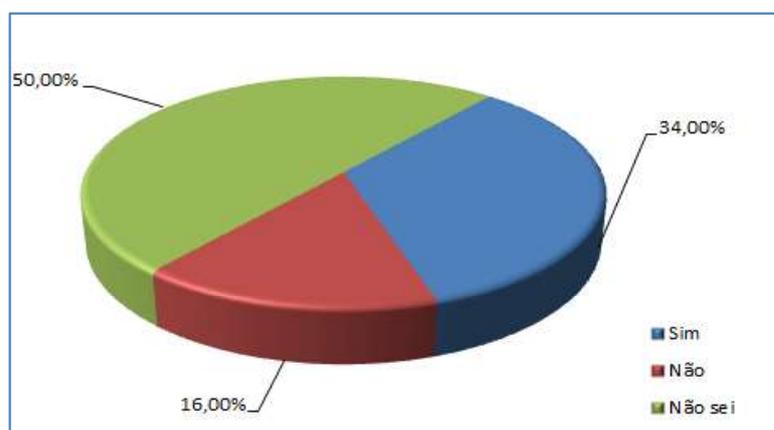
Gráfico 6 – Sondagem inicial – A força eletromagnética é responsável por gerar corrente elétrica.



Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar o gráfico 6, percebe-se que 62% dos alunos perceberam uma relação entre a força eletromagnética e a corrente elétrica. No entanto, em uma das aulas quando as interações fundamentais foram abordadas, os alunos foram novamente questionados sobre essa relação, e percebeu-se que a relação estabelecida por eles era superficial.

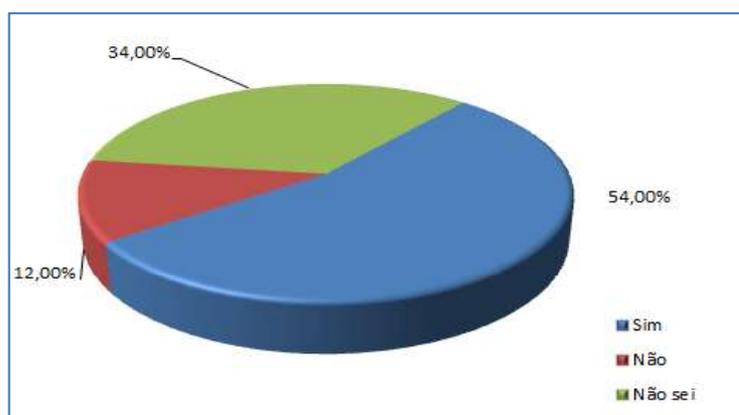
Gráfico 7 – Sondagem inicial – O trabalho feito nos aceleradores nos ajuda a compreender o universo.



Fonte: Jesus (2018).

Em março de 2010, os cientistas colocaram o Grande Colisor de *Hádrons*⁶ (LHC) em atividade, simulando os primeiros momentos de vida do universo. No entanto, ao analisar o gráfico 7, percebe-se que 50% dos alunos disseram não saber se os trabalhos desenvolvidos nos aceleradores nos ajudam a compreender o universo, e apenas 34% afirmaram que sim.

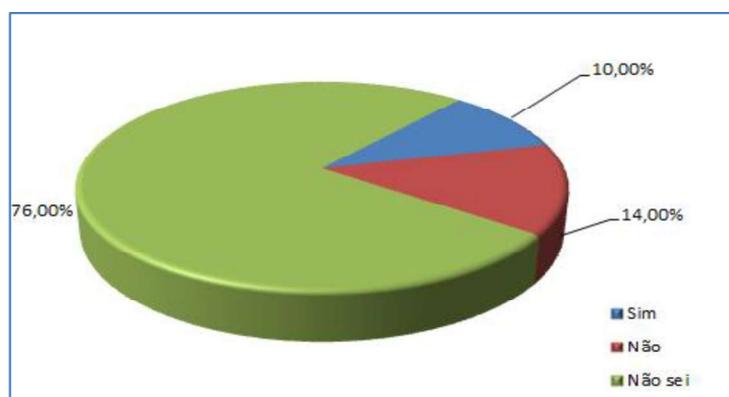
Gráfico 8 – Sondagem inicial – Das forças fundamentais da natureza, a gravidade é a mais forte.



Fonte: Jesus (2018).

Hoje se sabe que a força gravitacional, estudada desde Newton, é, das quatro, a mais fraca. Entre partículas elementares sua intensidade é cerca de 10^{38} vezes menor que a forte, a mais intensa. No entanto, 54% dos alunos afirmaram que a força da gravidade é a mais forte. Isso demonstra uma falta de conhecimento em relação às forças fundamentais.

Gráfico 9 – Sondagem inicial – Toda a matéria conhecida é composta de léptons e quarks.

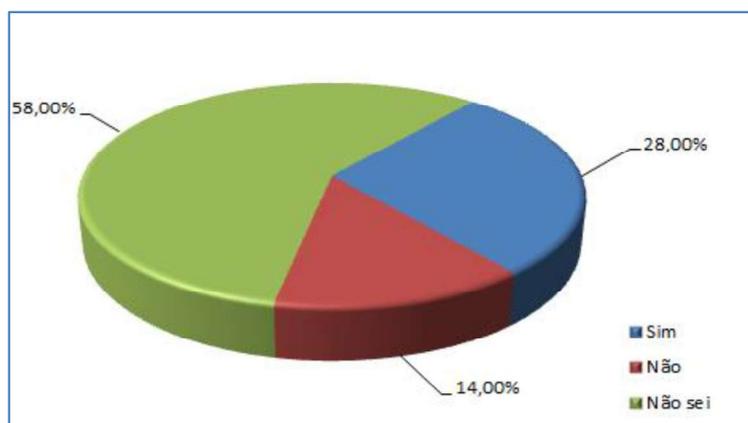


Fonte: Jesus (2018).

⁶ O LHC é uma imensa e sofisticada máquina onde as partículas são aceleradas em um túnel (localizado na fronteira da França com a Suíça) que fica “enterrado” a 100 metros de profundidade e tem a forma de um anel com 27 km de circunferência (CASAS, 2010).

As partículas realmente fundamentais, ou seja, aquelas que não são formadas por nenhuma outra e a partir das quais todas as outras partículas são formadas, são separadas em três grupos chamados coletivamente de *léptons*, *quarks* e as mediadoras. Diante do gráfico 9, verifica-se o desconhecimento dos alunos em relação às partículas elementares, já que 76% afirmaram não saber a resposta.

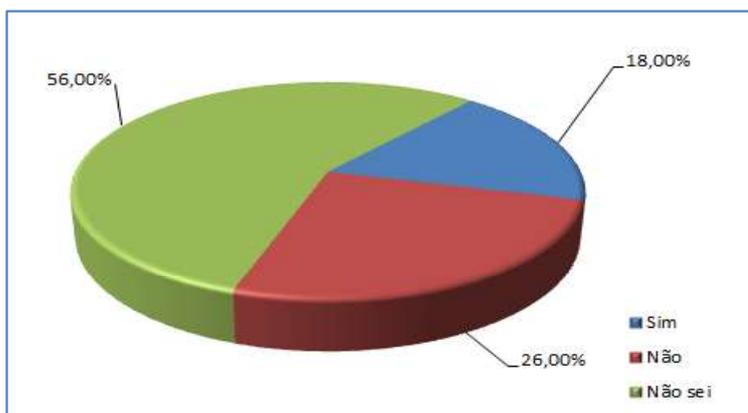
Gráfico 10 – Sondagem inicial – Existe aceleradores de partículas no Brasil.



Fonte: Jesus (2018).

Aceleradores de partículas são laboratórios que estudam a colisão de partículas com altíssima velocidade para desvendar as estruturas da matéria. No Brasil, está sendo construído na sede do Centro Nacional de Pesquisa e Energia de Materiais (Cnpem), na cidade de Campinas, em São Paulo, o acelerador de partículas Sirius. No entanto, 72% dos alunos afirma não existir aceleradores de partículas no Brasil.

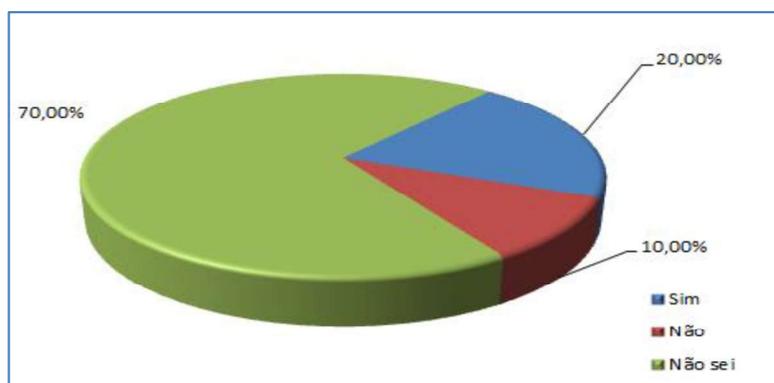
Gráfico 11 – Sondagem inicial – Os aceleradores de partículas podem criar buracos negros.



Fonte: Jesus (2018).

Até hoje, os pesquisadores não conseguiram detectar buracos negros no LHC. Ainda assim, o interesse teórico nessa possibilidade permanece vivo. Embora os cientistas do CERN estejam trabalhando para produzir colisões capazes de liberar algo em torno de algumas dezenas de TeV, eles também estão estudando métodos de poder detectar a formação desses buracos negros mínimos. Sendo assim, é possível, mas ainda não foram detectados. Dos alunos pesquisados 56% afirmaram não saber a resposta e 26% afirmaram que não é possível.

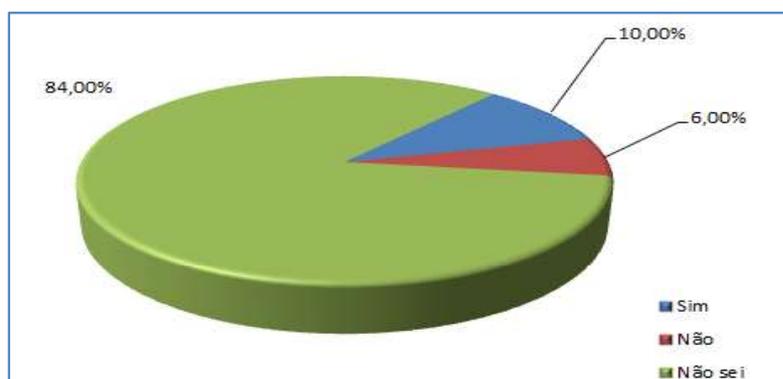
Gráfico 12 – Sondagem inicial – Os prótons e nêutrons são compostos por *quarks*.



Fonte: Jesus (2018).

O próton é composto de subpartículas atômicas: dois *quarks up* e um *quark down* - uud. Assim como o próton, o nêutron também é composto por partículas subatômicas, no entanto, no caso do nêutron, são dois *quarks down* e um *quark up* - ddu. Ao analisar o gráfico 12 percebe-se um evidente desconhecimento dos alunos quanto a isso, uma vez que 70% dos participantes afirmaram não saber a resposta e somente 20% responderam corretamente.

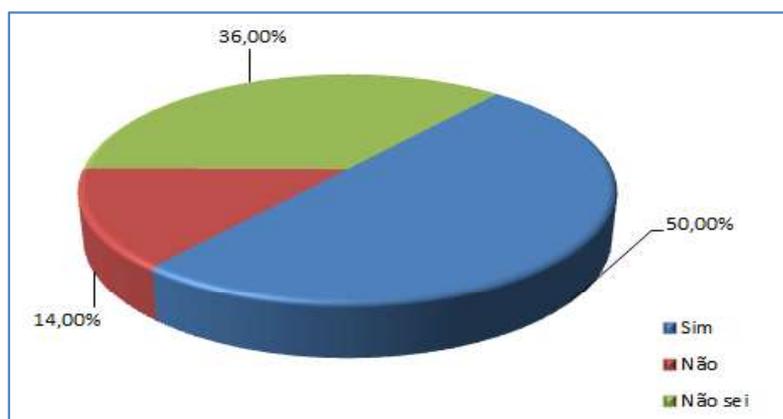
Gráfico 13 – Sondagem inicial – O *Bóson de Higgs* é quem “da massa” a todas as outras partículas.



Fonte: Jesus (2018).

O *Bóson de Higgs* é uma partícula subatômica que os físicos acreditam ser responsável por dar massa às demais. Dessa forma, sem o *Bóson de Higgs*, não seriam formados os átomos, e o Universo seria só um monte de partículas flutuando por aí. No entanto, verifica-se que 84% dos alunos desconhecem esse fato ao afirmarem não saber a resposta. Dos participantes, apenas 10% afirmaram corretamente sobre o *Bóson de Higgs*.

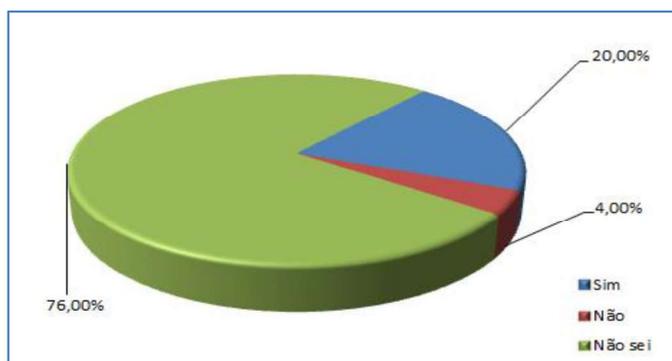
Gráfico 14 – Sondagem inicial – As partículas originadas no *Big Bang* ainda estão presentes na natureza.



Fonte: Jesus (2018).

Segundo os pesquisadores, a Terra é bombardeada diariamente por partículas originadas no *Big Bang* e atingem nossa atmosfera causando impactos até maiores do que os gerados pelo LHC. Verificou-se que 50% dos alunos afirmam que essas partículas ainda estão presentes na natureza. O resultado é considerável em relação às respostas obtidas nos gráficos anteriores, no entanto ainda mostra certo desconhecimento em relação ao *Big Bang*.

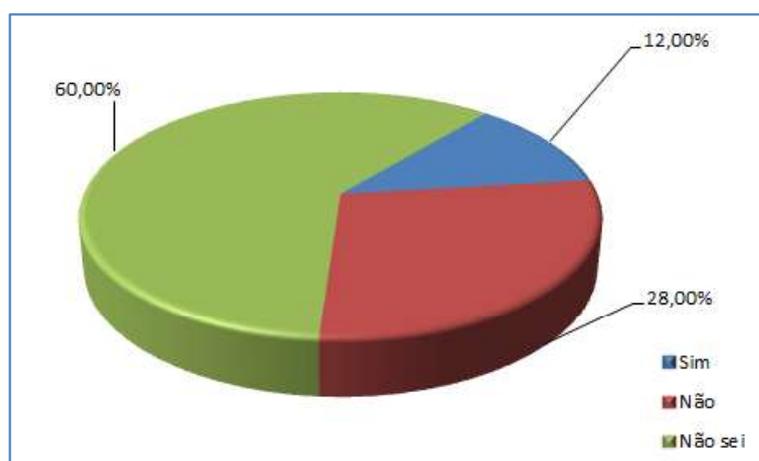
Gráfico 15 – Sondagem inicial – *Quarks e hádrons* são partículas elementares.



Fonte: Jesus (2018).

Os *hádrons* possuem uma estrutura interna composta de outras partículas mais leves e realmente elementares: os *quarks*, que por sua vez, é considerado uma partícula elementar e um dos dois elementos básicos que constituem a matéria. Verificou-se que 76% dos alunos não conseguem diferenciar partículas elementares de partículas não elementares, já que do total de participantes apenas 4% marcaram a opção correta.

Gráfico 16 – Sondagem inicial – A força fraca é responsável pela atração gravitacional entre os corpos.



Fonte: Jesus (2018).

A gravidade é uma das quatro forças fundamentais da natureza, em conjunto com o eletromagnetismo, a força fraca e a força forte. A responsável pela atração gravitacional entre os corpos é a gravidade e não a força fraca. A força fraca atua sobre todas as partículas elementares, e é a responsável pelo decaimento radiativo de partículas como nêutrons e *múons*, e também por todas as reações envolvendo neutrinos. No Modelo Padrão, a interação fraca é mediada pelos *bósons* W e Z. No entanto, verificou-se que apenas 28% dos participantes marcaram a opção correta, e ainda, 60% afirmaram não saber a resposta.

Após a análise dos dados obtidos através da sondagem inicial verificou-se um desconhecimento por parte dos alunos sobre temas relacionados ao *Big Bang*, à constituição da matéria, às partículas elementares e interações fundamentais. Esse fato evidencia-se ao verificar que em apenas uma das afirmativas, a maioria responderam a alternativa correta.

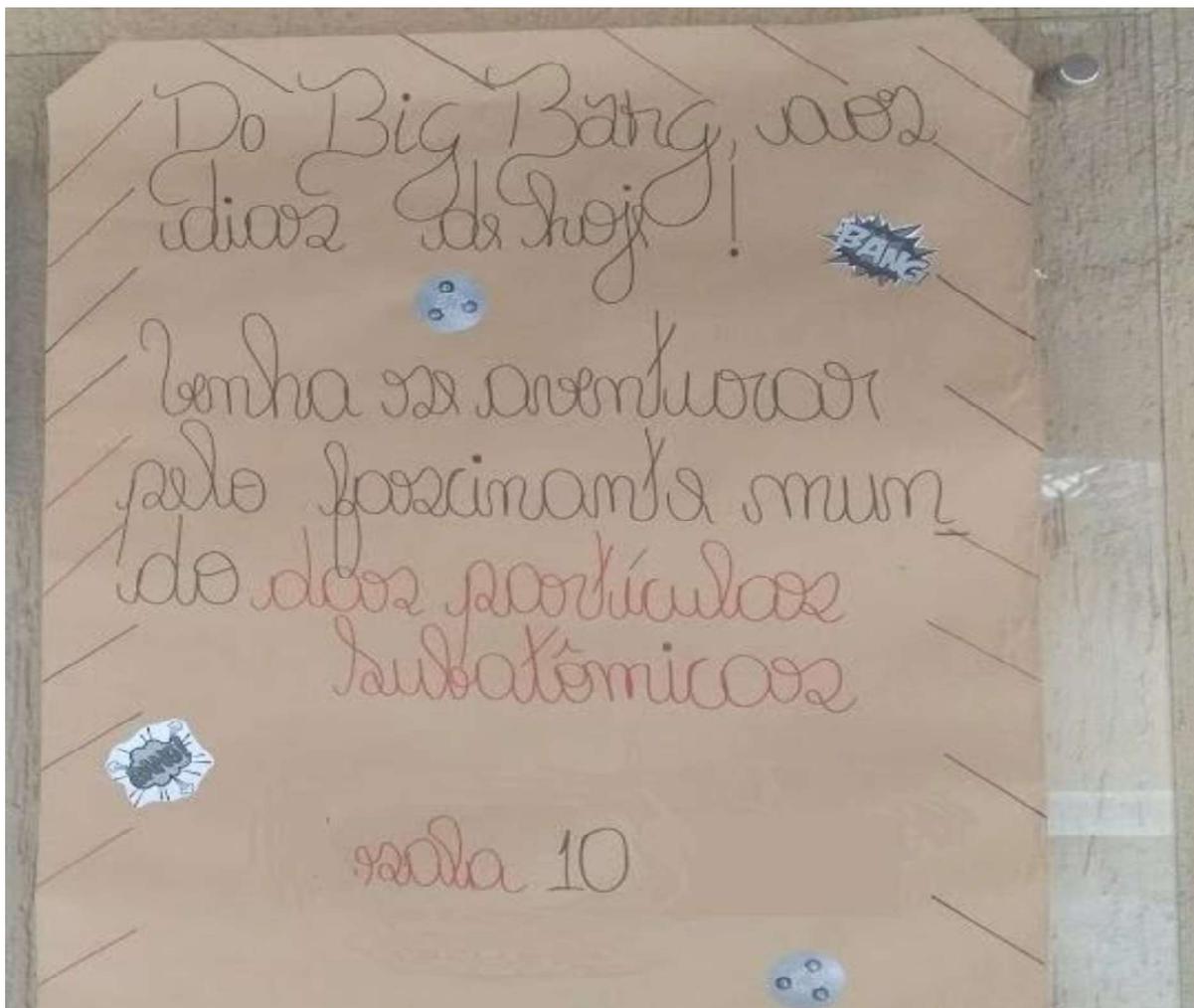
A sondagem inicial serviu como um exame para identificar o conhecimento prévio dos estudantes, ou seja, a presença de conceitos *subsunçores*. Dessa forma, não houve pontuação durante a avaliação, porém houve retorno aos estudantes ao longo da aplicação da UEPS.

4.2 Análise dos dados obtidos no 2º encontro

Com o intuito de motivar os alunos para participarem do 2º encontro, a escola foi preparada com cartazes elaborados por eles mesmos. Devido à disponibilidade e disposição de ajudarem na organização das aulas, alguns se tornaram monitores ao longo do desenvolvimento do projeto.

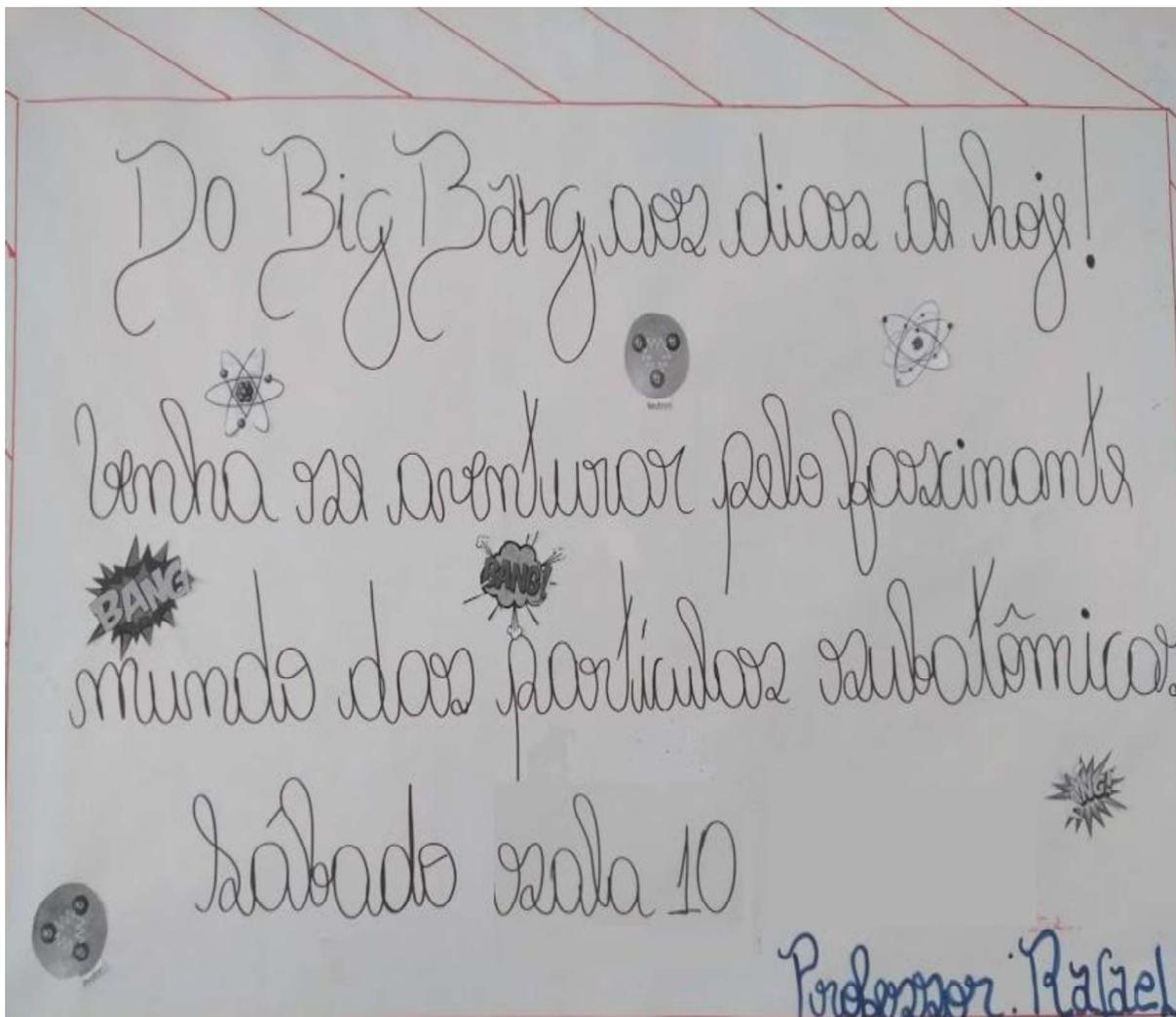
Alguns dos encontros ocorreram em sábados letivos destinados à reposição de aulas perdidas durante as greves deflagradas ao longo do ano. Este fato acabou aumentando o número de alunos frequentes às aulas de sábado, já que a participação nos encontros sempre ficou acima de 80%.

Figura 5 - Cartaz convite para o 2º encontro.



Fonte: Jesus (2018).

Figura 6 - Cartaz convite para o 2º encontro.



Fonte: Jesus (2018).

4.2.1 Análise dos mapas conceituais sobre o *Big Bang*

A partir dessa seção ressalta-se que os mapas conceituais foram analisados de forma qualitativa e não se solicitou aos alunos para construírem “pré e pós” mapas, devido à dimensão que o trabalho tomou.

Assim que se procedeu a sondagem inicial, verificou-se que muitos dos alunos ainda não apresentavam *subsunçores* referentes sequer a composição do átomo. Isso levou o pesquisador a estender o desenvolvimento do projeto começando pelo *Big Bang* e os aceleradores de partículas, para por fim, abordar o modelo padrão, as partículas subatômicas e as interações fundamentais.

Figura 7 - Imagem da apresentação sobre o *Big Bang*.



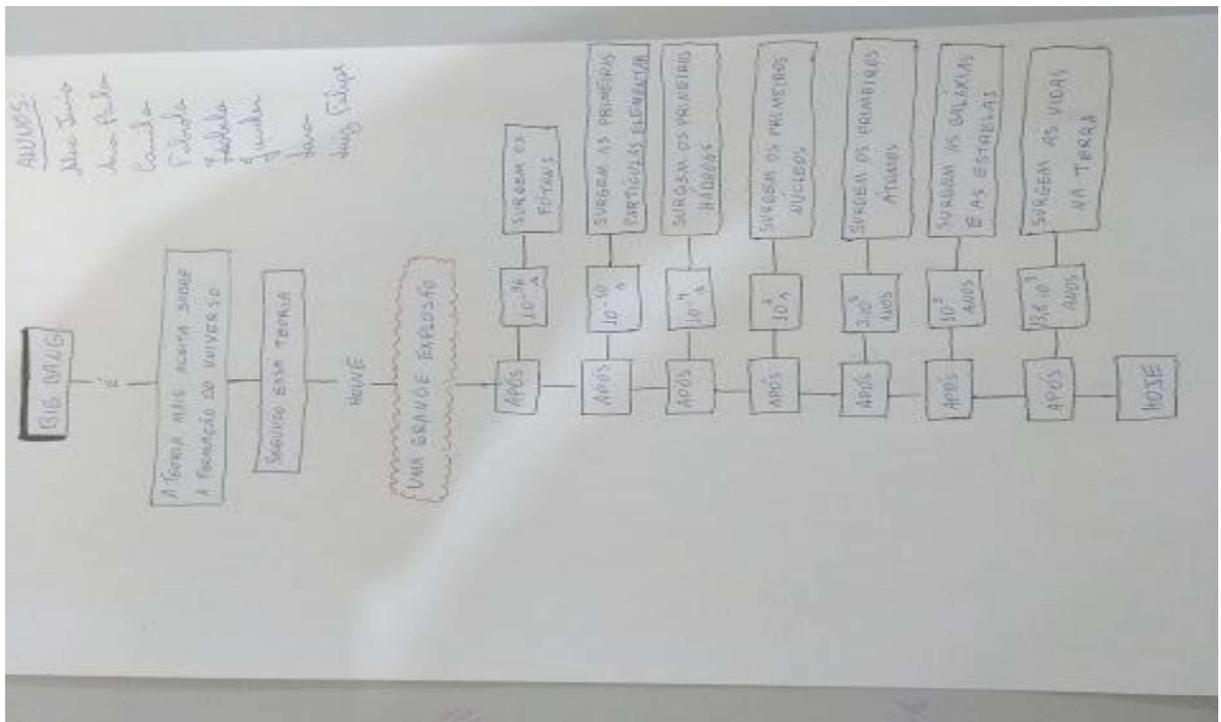
Fonte: Jesus (2018).

Ao início da discussão informou-se aos alunos que aquela não seria uma aula sobre o *Big Bang* e os aceleradores de partículas, e sim, um bate papo, onde todos deveriam participar interrompendo sempre que sentissem necessidade, buscando dessa forma esclarecer suas dúvidas e curiosidades. Com isso o encontro ocorreu de forma tranquila e com uma participação ativa dos alunos presentes.

Por fim, solicitou-se aos alunos que construíssem mapas conceituais para a demonstração dos conceitos aprendidos.

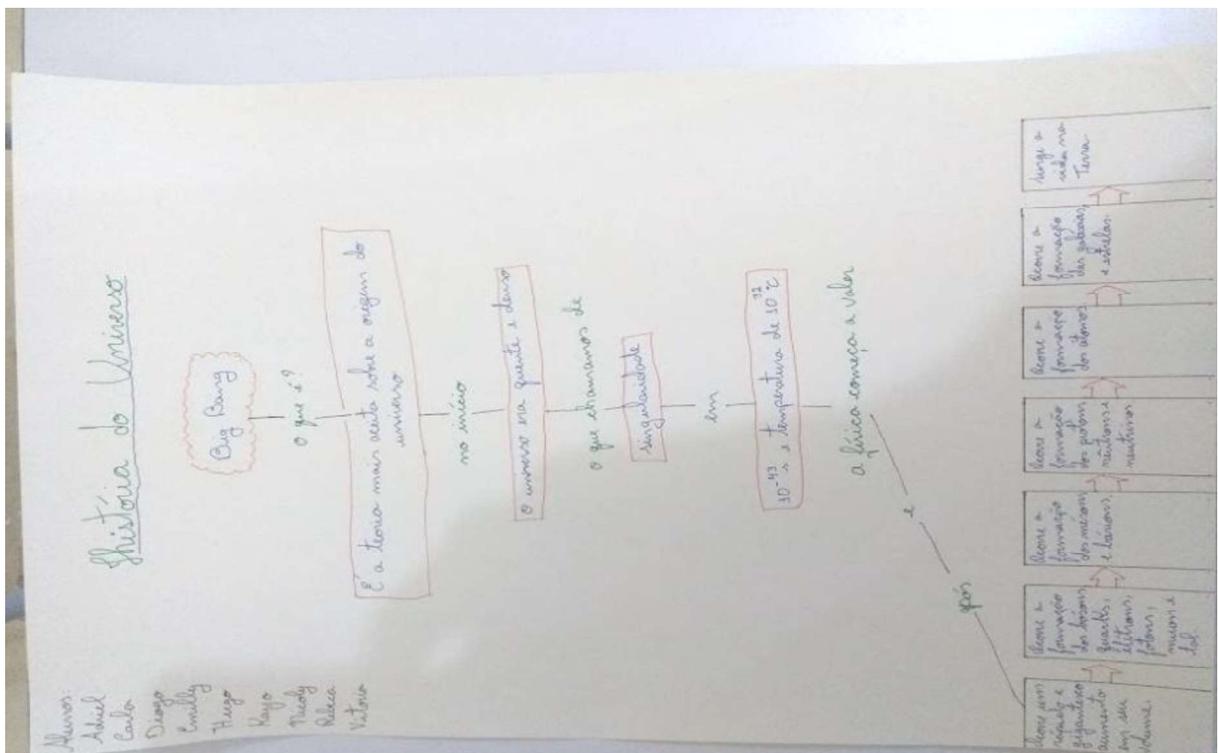
Para demonstrar o resultado do trabalho dos alunos, escolheu-se um mapa elaborado por cada uma das três turmas. Vale ressaltar que os mapas foram utilizados apenas com o intuito de reforçar o conhecimento, e não como instrumento de avaliação.

Figura 8 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 1 – Big Bang.



Fonte: Jesus (2018).

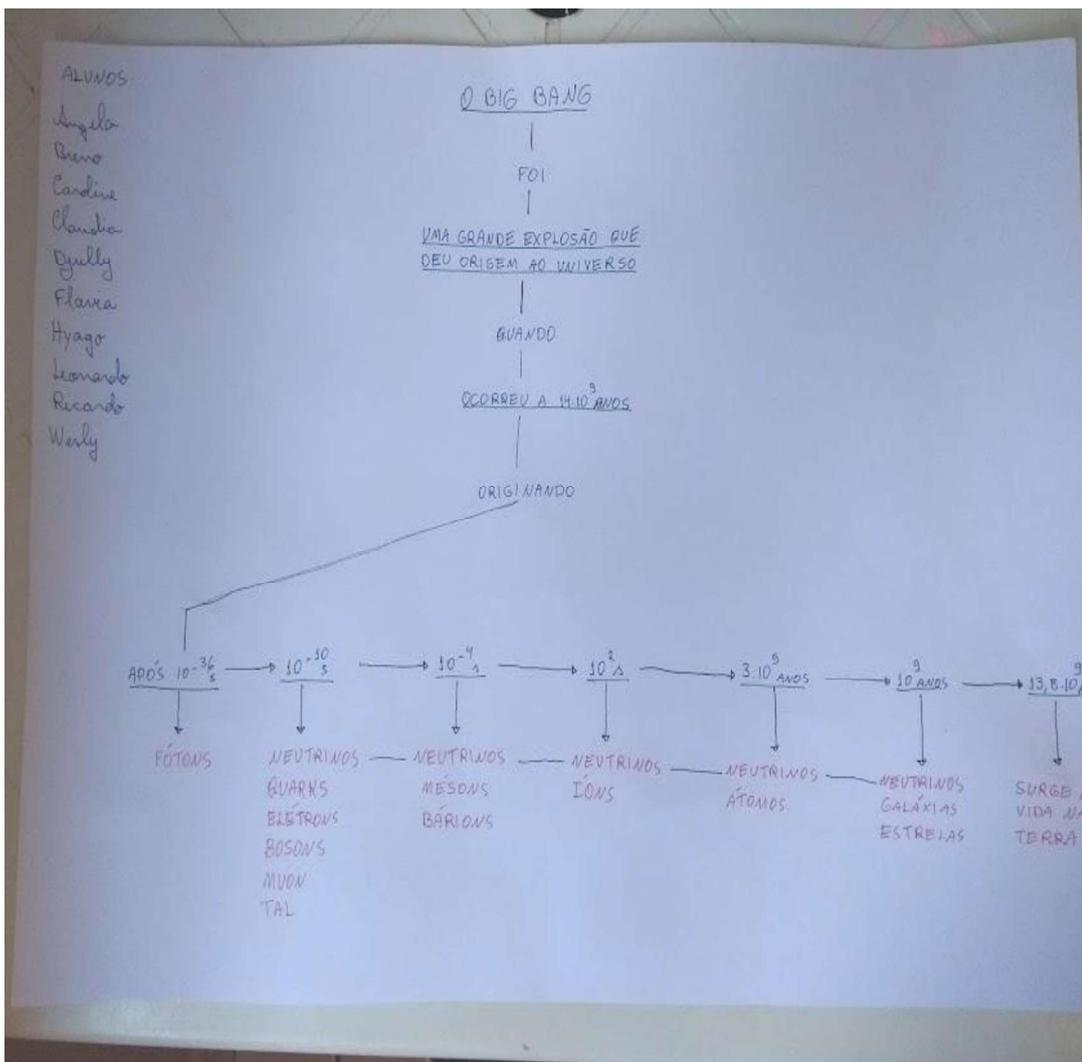
Figura 9 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 2 – História do Universo.



Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar o mapa conceitual, verificou-se que os alunos conseguiram conectar os conceitos em ordem hierárquica na vertical. No entanto, não se verificou conectivos entre os conceitos na horizontal. Isso pode ser explicado pelo fato dos grupos terem construído seus mapas seguindo uma ordem cronológica dos eventos que se seguiram após a grande explosão.

Figura 80 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 3 – O Big Bang.



Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar os três mapas conceituais, verificaram-se indícios de aprendizagem significativa durante a discussão gerada entre os alunos no momento da construção dos mapas, bem como ao verificar a forma como relacionaram os conceitos abordados.

Ao analisar a estrutura hierárquica dos conceitos apresentados, notaram-se poucos erros conceituais, nada que demonstrasse um desconhecimento por parte dos alunos sobre os

assuntos abordados. Verificou-se ainda, que os alunos ainda não conseguem realizar muitos conectivos nas estruturas horizontais, no entanto, esse fato não comprometeu em momento algum a relação dos conceitos abordados e o que foi apresentado nos mapas.

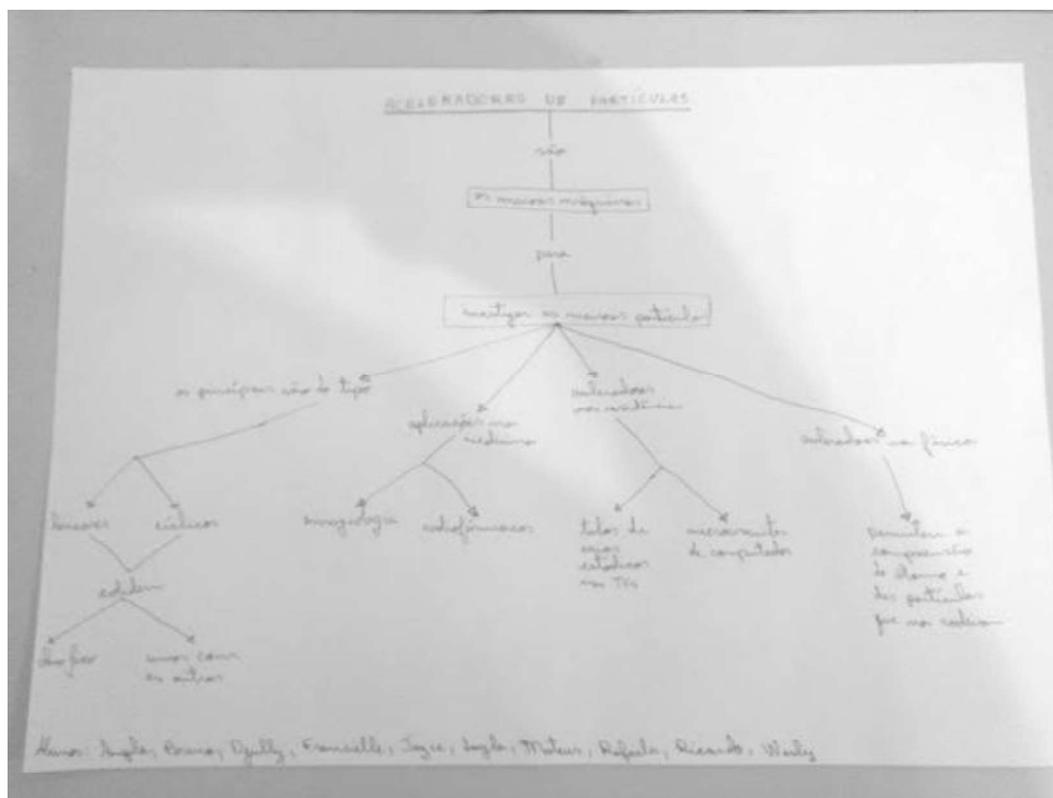
4.3 Análise dos dados obtidos no 3º encontro

No terceiro encontro abordou-se o tema acelerados de partículas, seu funcionamento, os tipos existentes, suas aplicações, localização dos principais aceleradores e os mitos que os cercam.

Após as apresentações, explicações e discussões sobre o tema, solicitou-se aos alunos a construção de mapas conceituais abordando o que foi discutido nos encontros sobre essa temática.

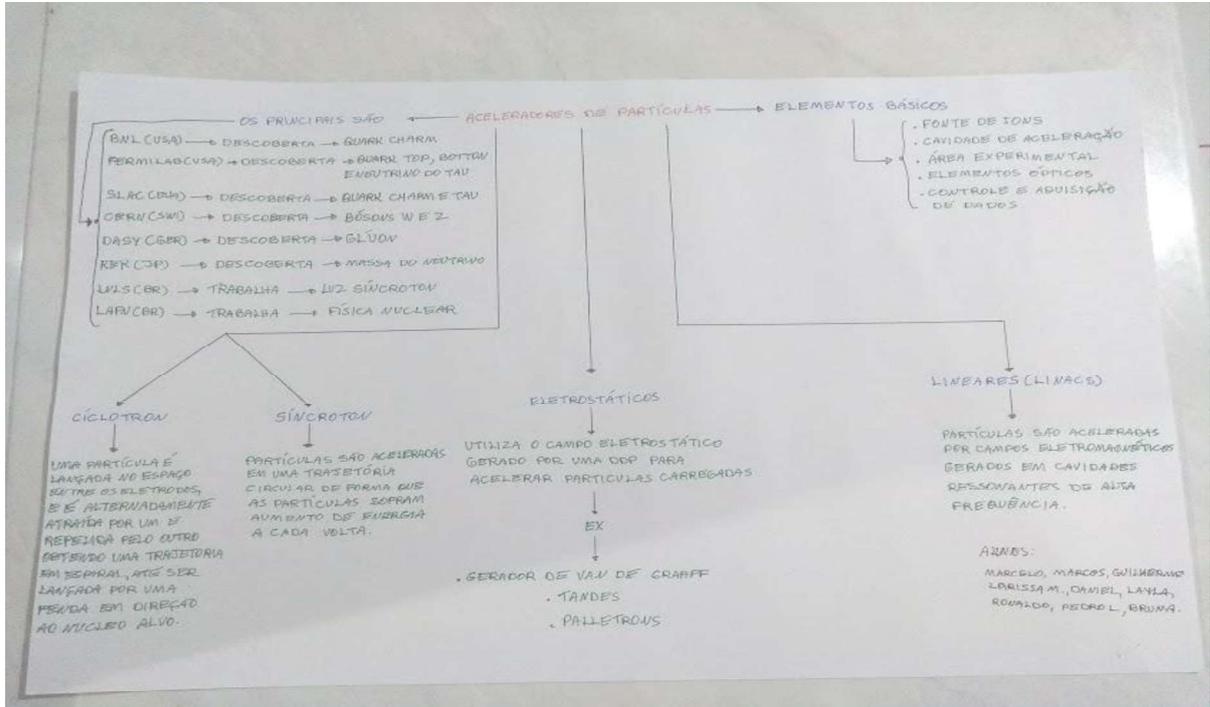
4.3.1 Análise dos mapas conceituais sobre os aceleradores de partículas

Figura 91 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 1 – Aceleradores de partículas.



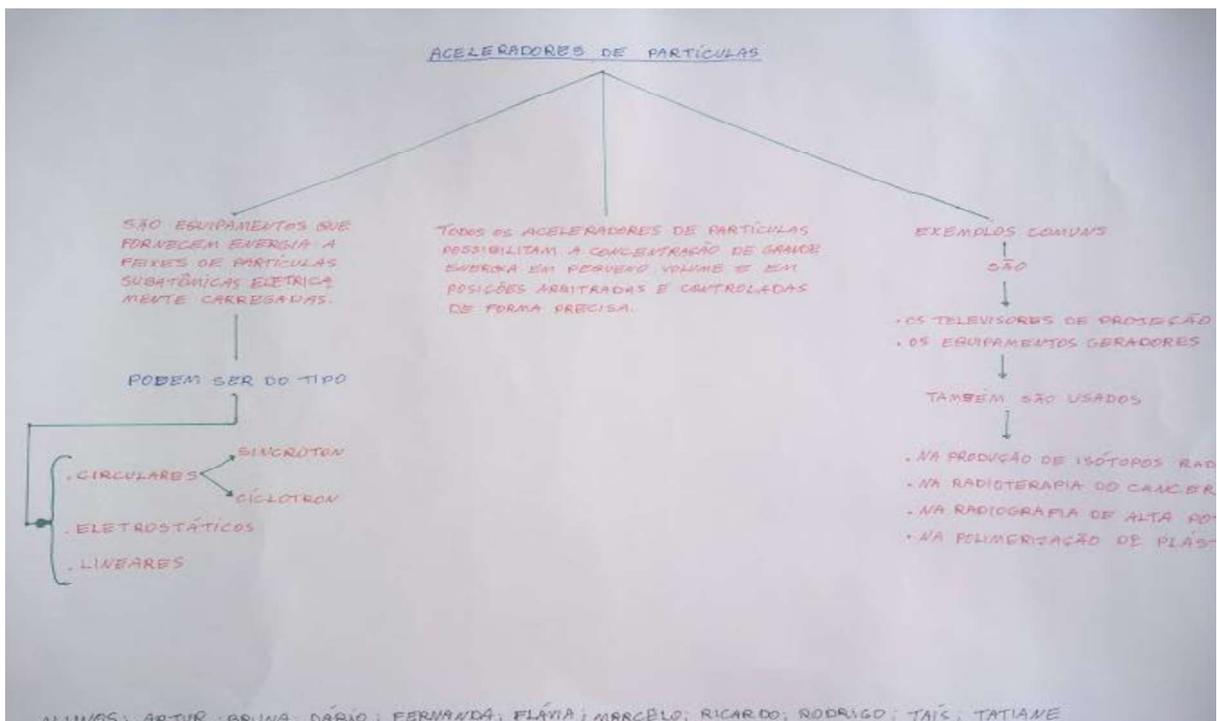
Fonte: Jesus (2018).

Figura 102 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 2 – Aceleradores de partículas.



Fonte: Jesus (2018).

Figura 113 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 3 – Aceleradores de partículas.



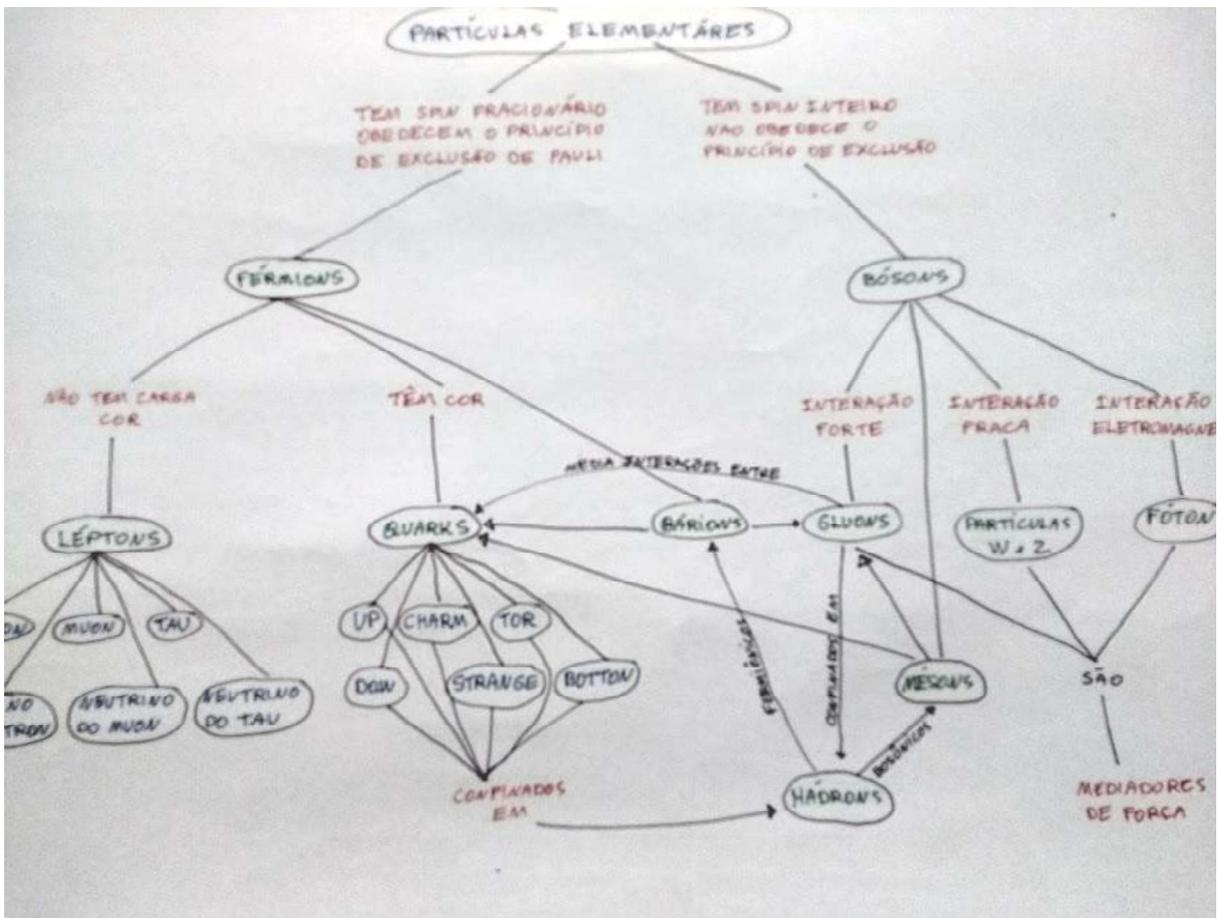
Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar os mapas conceituais sobre os aceleradores de partículas, verificou-se que os alunos abordaram corretamente os conceitos pertinentes ao tema. Dois grupos focaram em mostrar o funcionamento e os tipos de aceleradores de partículas, e o terceiro grupo, além de explicar os tipos e funcionamento dos aceleradores, demonstrou também as descobertas realizadas nos principais aceleradores espalhados pelo mundo.

4.4 Análise dos dados obtidos no 4º encontro

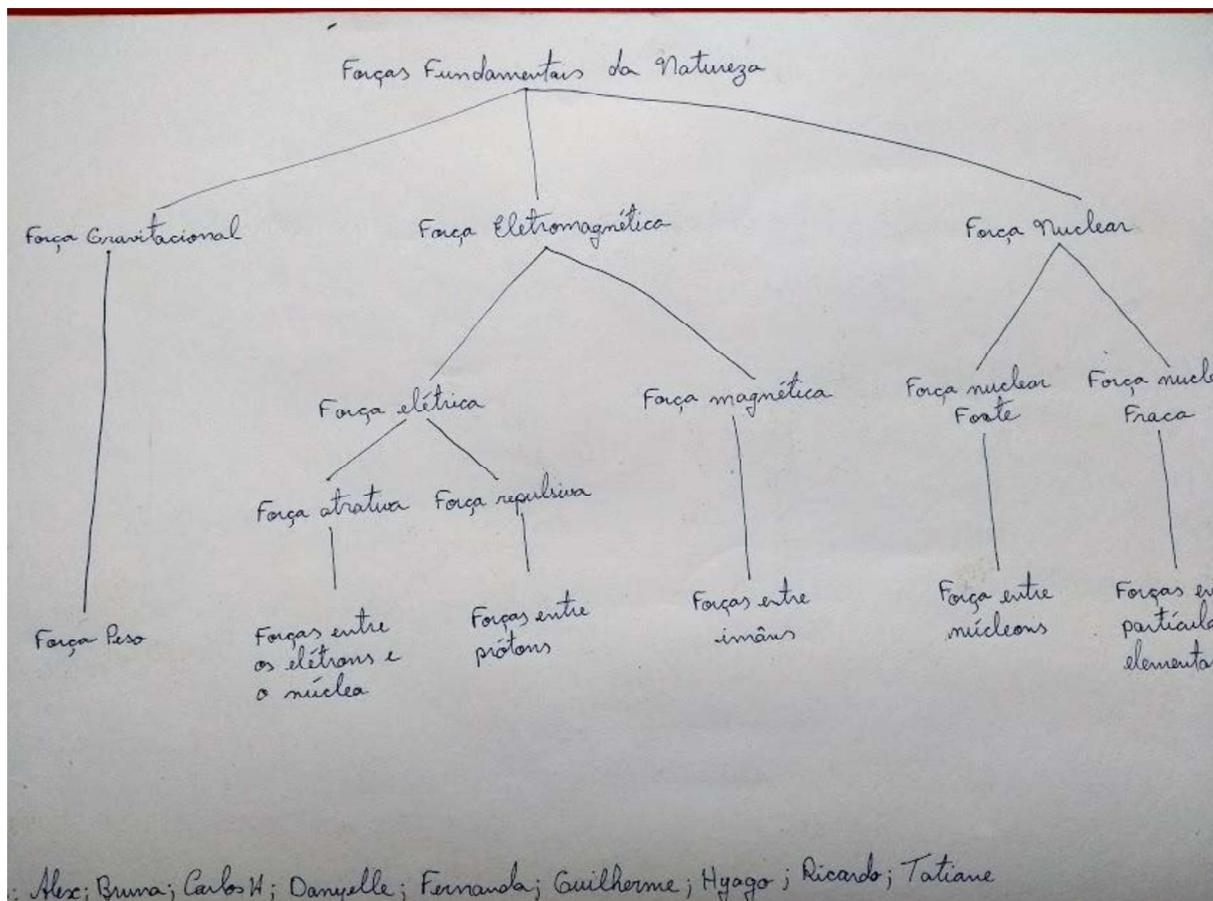
No quarto encontro, após as explicações sobre os temas determinados, solicitou-se aos alunos que em grupo, construísem mapas conceituais abordando os temas: Partículas Elementares e Interações Fundamentais, representando o que entenderam sobre as famílias de partículas e suas interações.

Figura 124 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 1 – Partículas Elementares.



Fonte: Jesus (2018).

Figura 135 - Mapa conceitual elaborado pelo grupo 2 – Interações Fundamentais.



Fonte: Jesus (2018).

Mais uma vez, ao analisar os mapas conceituais elaborados pelos alunos, observa-se que estes conseguiram correlacionar corretamente os temas abordados, representando as famílias das partículas, a forma como são organizadas no modelo padrão, bem como as interações fundamentais que as norteiam.

Nesse sentido, Moreira (1997) ressalta que na medida em que os alunos utilizarem mapas conceituais para integrar, reconciliar e diferenciar conceitos, na medida em que usarem essa técnica para analisar artigos, textos capítulos de livros, experimentos de laboratório, e outros materiais educativos, eles estarão usando o mapeamento conceitual como um recurso de aprendizagem. E como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Moreira (1997) destaca ainda que é mais apropriada para uma avaliação qualitativa, formativa, da aprendizagem.

4.5 Análise dos dados obtidos no 5º encontro

Uma vez familiarizados com as famílias das partículas elementares, procedeu-se no quinto encontro, a aplicação do primeiro jogo de cartas. O jogo objetivou a consolidação dos conhecimentos acerca das famílias das partículas e a forma como elas se organizam no modelo padrão.

Após o início dos jogos, de imediato os alunos foram adaptando as regras de forma a aumentar o nível de dificuldade, mas mantendo as regras enunciadas pelo professor.

Percebeu-se que após jogarem algumas rodadas os alunos já conseguiam dizer o nome da partícula e a família ao qual pertencia sem consultar alguma fonte. Os alunos demonstraram tanto entusiasmo pelo jogo, que nos próximos encontros sempre pediam para jogarem alguns minutos.

Alguns alunos relataram que dessa forma ficou mais fácil entender o tipo de cada partícula e a família ao qual pertenciam. Para eles a relação da família da partícula com o seu *spin* ficou ainda mais evidente.

4.6 Análise dos dados obtidos no 6º encontro

No sexto encontro abordou-se o tema *quarks*, formação de partículas, e conservação da carga elétrica.

Após as apresentações, explanações e discussões sobre o tema solicitaram-se aos alunos que respondessem um questionário sobre formação de partículas respeitando a conservação da carga elétrica.

Figura 16 – Resposta da questão 1.

1) A tabela abaixo apresenta o valor da carga elétrica desses *quarks* em termos da carga elétrica elementar e .

| | Quark up | Quark down |
|----------------|----------|------------|
| Carga elétrica | $+2/3 e$ | $-1/3 e$ |

De acordo com a tabela, os *quarks* que constituem os prótons e os nêutrons são? Justifique.

Próton (uud) $\Rightarrow \frac{2}{3} + \frac{2}{3} + (-\frac{1}{3}) = \frac{2+2-1}{3} = \frac{3}{3} = +1e$

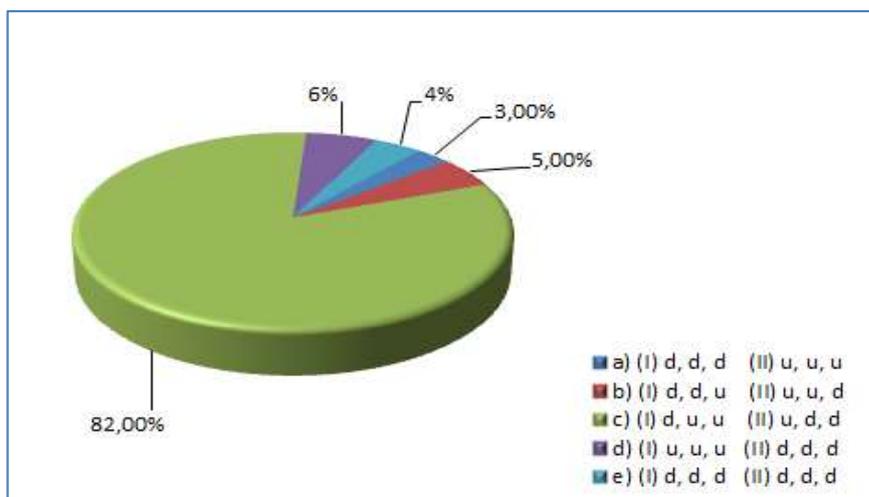
Nêutron (ddu) $\Rightarrow (-\frac{1}{3}) + (-\frac{1}{3}) + \frac{2}{3} = \frac{-1-1+2}{3} = \frac{0}{3} = 0e$

Fonte: Jesus (2018).

Para demonstrar os resultados obtidos na aplicação do questionário, optou-se por escolher uma resposta de um aluno A. Verifica-se que o aluno respondeu corretamente à pergunta.

Quanto ao restante dos alunos que responderam ao questionário, apurou-se que 85% responderam corretamente à pergunta e 15% responderam com erros relacionados à soma de frações e jogo de sinais.

Gráfico 17 – Resposta da questão 2.



Fonte: Jesus (2018).

Na questão 2 os alunos deveriam indicar quais são os *quarks* que formam a composição do próton e do nêutron. Percebe-se que 82% dos alunos responderam corretamente a questão e 18% demonstraram não ter compreendido a conservação da carga elétrica, ou ainda, não consolidaram os conhecimentos acerca da soma de frações e de jogo de sinais.

Figura 17 – Resposta da questão 3.

3) No estudo dos raios cósmicos são observados *mésons* como os chamados *pions*. Considere um *pion* formado por um *quark up* e um *antiquark down*. Dessa forma, a carga elétrica desse *pion* é de? Demonstre seu raciocínio.

$$\text{Pion}(u\bar{d}) \rightarrow \frac{2}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2+1}{3} = \frac{3}{3} = 1e$$

Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar as respostas referentes à questão 3, verificou-se que 87% dos alunos responderam corretamente. Já os alunos que não conseguiram chegar à resposta somam 13% do total.

Figura 18 – Resposta da questão 4.

4) As combinações *quark/antiquark* das partículas A e B são: A ($\bar{s}d$) e B (uds). Qual é a carga elétrica de cada partícula, expressa em função da carga elétrica elementar e ?

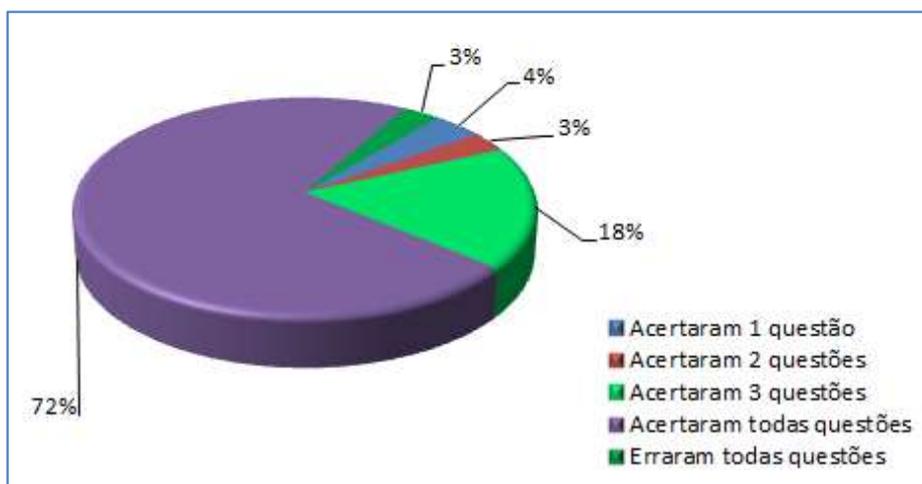
$$A(\bar{s}d) \Rightarrow \frac{1}{3} + \left(-\frac{1}{3}\right) = \frac{1-1}{3} = \frac{0}{3} = 0$$

$$B(uds) \Rightarrow \frac{2}{3} + \left(-\frac{1}{3}\right) + \left(-\frac{1}{3}\right) = \frac{2-1-1}{3} = \frac{0}{3} = 0$$

Fonte: Jesus (2018).

Quanto à questão 4, do total de alunos que responderam ao questionário, verifica-se que 81% responderam corretamente ao solicitado. Os 19% que não conseguiram responder corretamente, cerca de 80% erraram no cálculo matemática da conservação da carga elétrica, ou seja, erraram na soma de frações ou ao efetuarem o jogo de sinais.

Gráfico 18 – Consolidado das respostas do questionário 2.



Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar o consolidado das respostas dos alunos percebe-se que 72% acertaram todas as questões, 18% acertaram 3 questões e somente 3% erraram todas as questões.

4.7 Análise dos dados obtidos no 7º encontro

No sétimo encontro os alunos retomaram o jogo de cartas com uma maior dificuldade.

Após a aplicação do primeiro jogo de cartas onde o aluno se familiarizou com as famílias das partículas elementares, novas discussões surgiram, de forma que o nível de conhecimento sobre as partículas foi aumentando cada vez mais.

Nesse jogo os alunos deveriam formar a partícula sorteada em um dado, aquele que primeiro formasse a partícula era o vencedor da rodada. No entanto, para formar a partícula sorteada o aluno deveria respeitar a conservação da carga elétrica.

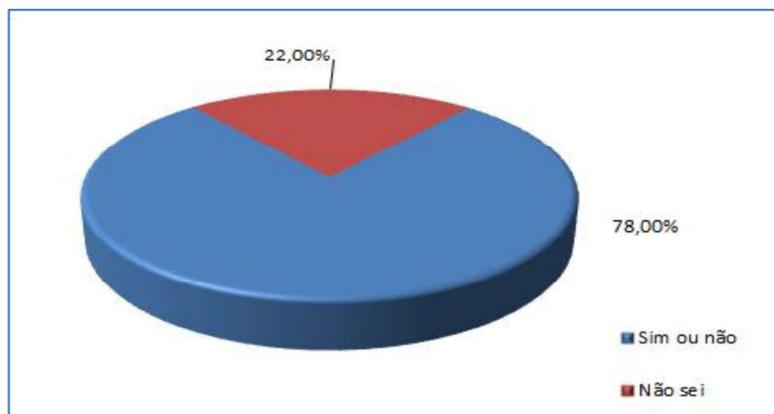
Alguns alunos relataram que mesmo após terem resolvidos exercícios de formação de *hádrons*, onde também deveriam efetuar os cálculos para demonstrarem a conservação da carga elétrica, ainda assim não haviam compreendido muito bem o que era a conservação da carga. Relataram ainda que após a aplicação do jogo ficou mais claro como os *quarks* se unem para formar os *hádrons* e porque a carga elétrica deveria ser conservada.

4.8 Análise dos dados obtidos no 8º encontro

4.8.1 Análise dos dados obtidos na sondagem final

Nessa etapa construíram-se os gráficos representando os dados obtidos na aplicação da sondagem final. Na discussão realizou-se uma comparação com os dados obtidos na sondagem inicial e a partir daí foi possível verificar a presença ou não de indícios de aprendizagem significativa.

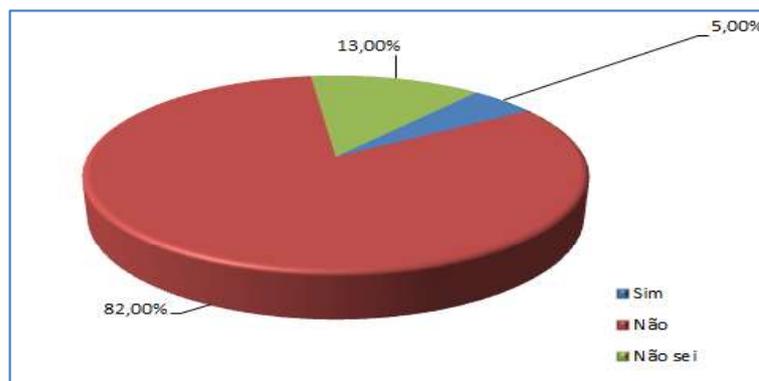
Gráfico 19 – Consolidado das respostas dos alunos na sondagem final.



Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar o gráfico 19 verifica-se que houve um avanço significativo dos alunos em relação aos temas abordados no projeto, uma vez que no gráfico 1, verificou-se que 54,5% das respostas foram não sei. Já na abordagem final, apenas 22% marcaram não sei, o que pode ser entendido como indício de uma aprendizagem significativa.

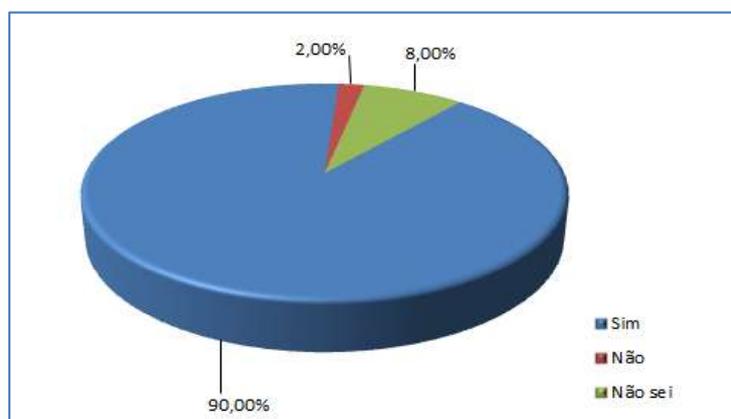
Gráfico 20 – Sondagem final – O átomo é a menor estrutura conhecida e, portanto, é indivisível.



Fonte: Jesus (2018).

Na sondagem inicial, 30% dos alunos afirmaram que sim, e 30% afirmaram não saber a resposta, totalizando assim, 60% que não acertaram. Já na sondagem final, 82% responderam corretamente e somente 5% afirmaram que sim, respondendo de forma equivocada. Dessa forma, devido ao aumento considerável do número de acertos é possível considerar que houve indícios de aprendizagem significativa.

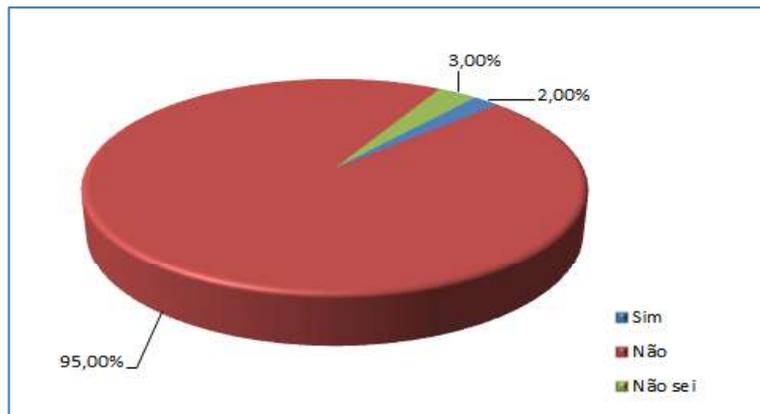
Gráfico 21 – Sondagem final – Toda matéria comum é formada por *quarks up, down* e elétrons.



Fonte: Jesus (2018).

Quanto à constituição da matéria, na sondagem inicial 60% dos alunos afirmaram não saber a resposta e apenas 14% marcaram a opção correta. Já na sondagem final, verificou-se que 90% marcaram a opção correta e o índice de erro foi de apenas 2%. Mais uma vez, é possível considerar a presença de indícios de aprendizagem significativa.

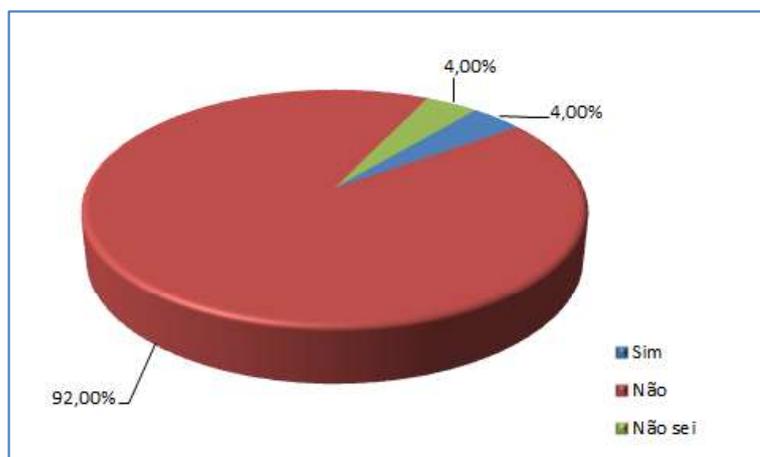
Gráfico 22 – Sondagem final – A antimatéria é ficção científica e não um fato científico.



Fonte: Jesus (2018).

Sobre o conhecimento sobre a antimatéria ser ficção científica, na sondagem inicial 54% dos alunos afirmaram não saber a resposta, e 20% afirmaram que sim. Já na sondagem final, 95% dos alunos afirmaram que não. Esse dado revela que houve avanço significativo quanto a compreensão do que é a antimatéria.

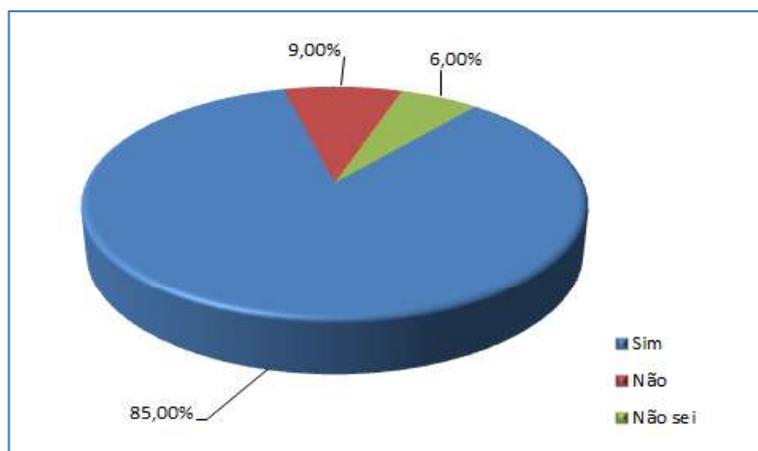
Gráfico 23 – Sondagem final – O elétron é composto por partículas ainda menores.



Fonte: Jesus (2018).

Na sondagem inicial, 52% dos alunos afirmaram que o elétron não é uma partícula fundamental e somente 10% marcaram a opção correta. Já após a aplicação da sondagem final, verifica-se que 92% dos alunos demonstraram ter compreendido que o elétron é indivisível.

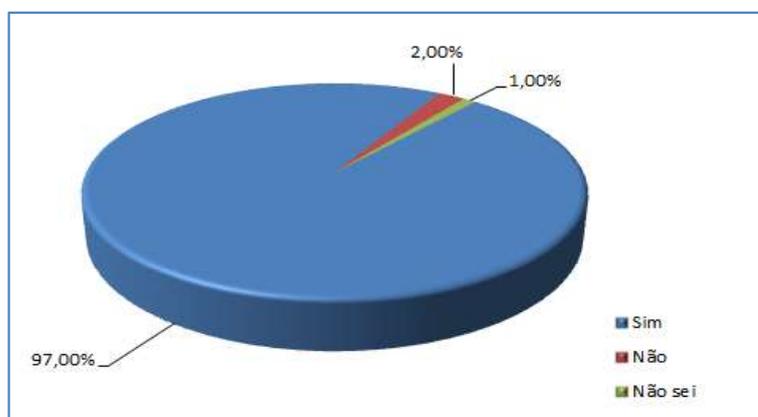
Gráfico 24 – Sondagem final – A força eletromagnética é responsável por gerar corrente elétrica.



Fonte: Jesus (2018).

Quanto à relação da força eletromagnética com a corrente elétrica, na sondagem inicial verificou-se que 62% dos alunos afirmaram que há uma relação entre elas. Na sondagem final, esse índice aumentou ainda mais, uma vez que 85% marcaram a opção correta.

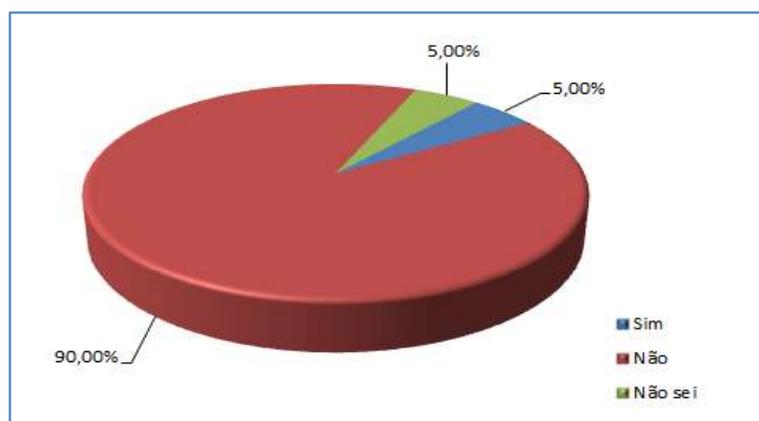
Gráfico 25 – Sondagem final – O trabalho feito nos aceleradores nos ajuda a compreender o universo.



Fonte: Jesus (2018).

Quanto aos aceleradores de partículas, na sondagem inicial ficou evidente que a maioria dos alunos não sabia o que é, e qual a finalidade de um acelerador de partículas, uma vez que 50% dos alunos afirmaram não saber a resposta e 16% marcaram a opção incorreta. Já na sondagem final 97% dos alunos marcaram a opção correta. Esse avanço pode ser entendido como um indício de aprendizagem significativa.

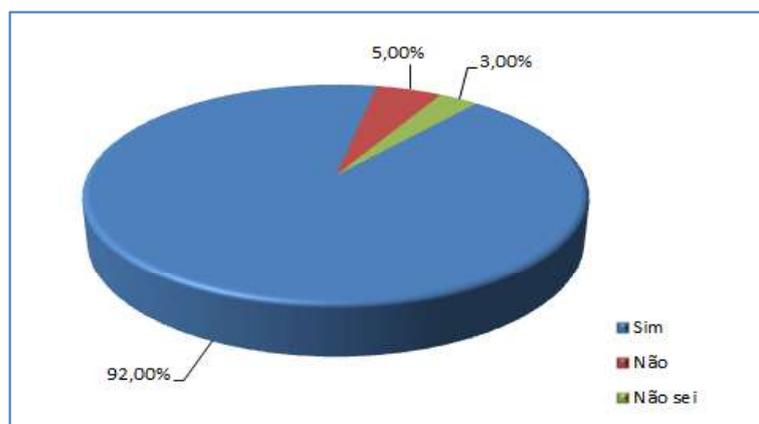
Gráfico 26 – Sondagem inicial – Das forças fundamentais da natureza, a gravidade é a mais forte.



Fonte: Jesus (2018).

Na sondagem inicial constatou-se que 54% dos alunos afirmaram que a força da gravidade é a mais forte das quatro forças fundamentais da natureza e 34% afirmaram não saber. Após a aplicação do projeto e ao analisar os dados da sondagem final, percebeu-se que 90% dos alunos afirmaram que a força da gravidade não é a mais forte, demonstrando uma evolução em relação aos conhecimentos sobre as quatro forças fundamentais da natureza.

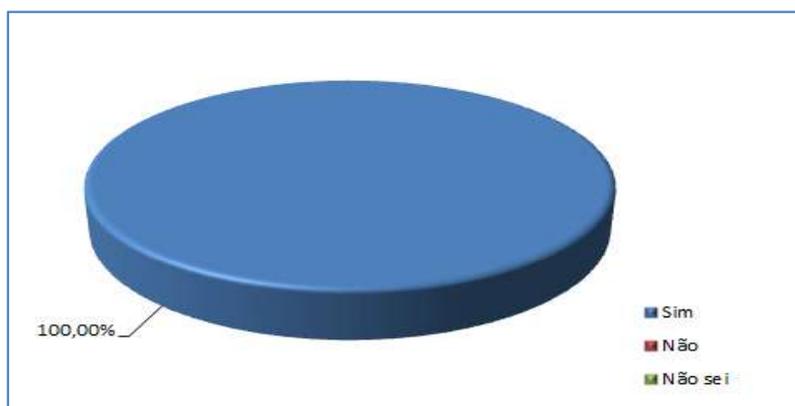
Gráfico 27 – Sondagem final – Toda a matéria conhecida é composta de léptons e quarks.



Fonte: Jesus (2018).

Sobre a constituição da matéria, verificou-se na sondagem inicial que 76% dos alunos não sabiam a resposta. Já após o desenvolvimento do projeto e aplicação da sondagem final, verifica-se que 92% dos alunos afirmaram que sim, a matéria é composta por *léptons* e *quarks*.

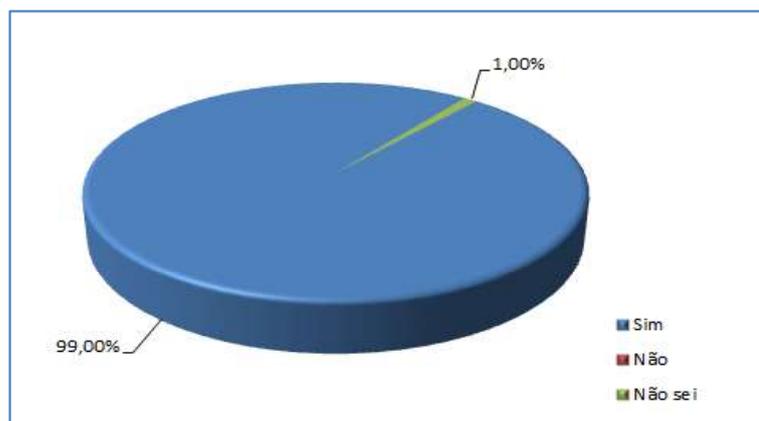
Gráfico 28 – Sondagem final – Existe aceleradores de partículas no Brasil.



Fonte: Jesus (2018).

Ao serem indagados sobre a presença de aceleradores de partículas no Brasil na sondagem inicial, 58% dos alunos afirmaram não saber e 14% afirmaram que não existe. No entanto, após a aplicação da sondagem final, percebeu-se que 100% dos alunos compreenderam que no Brasil existem aceleradores de partículas e que em breve teremos um dos maiores do mundo.

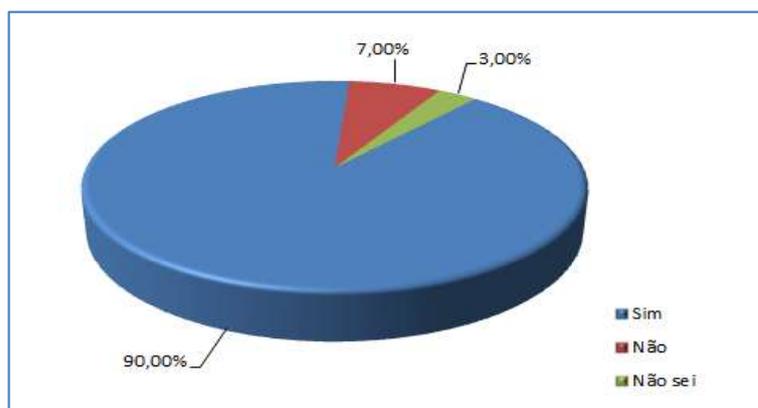
Gráfico 29 – Sondagem final – Os aceleradores de partículas podem criar buracos negros.



Fonte: Jesus (2018).

Mesmo o tema acelerador de partícula e surgimento de buracos negros ter sido amplamente divulgado quando o CERN entrou em funcionamento, 56% dos alunos afirmaram não saber a resposta e 26% afirmaram que os aceleradores de partículas não podem criar buracos negros, ao responderem a sondagem inicial. Já na sondagem final, 99% dos alunos afirmaram que sim, é possível criar a um buraco negro, no entanto ficou claro que nenhum foi observado até o momento.

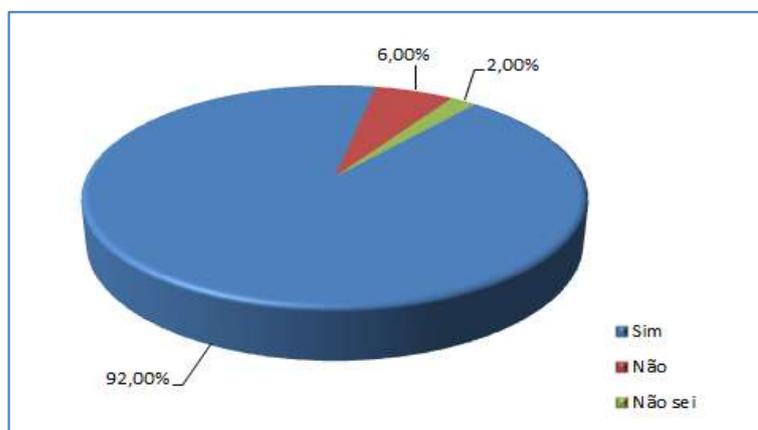
Gráfico 30 – Sondagem final – Os prótons e nêutrons são compostos por *quarks*.



Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar a sondagem inicial, verificou-se que 70% dos alunos não souberam responder se os prótons e nêutrons são compostos por *quarks*. No entanto, ao analisar os dados coletados na sondagem final, verificou-se que 90% dos alunos afirmaram que sim. Isso evidencia indícios de uma aprendizagem significativa.

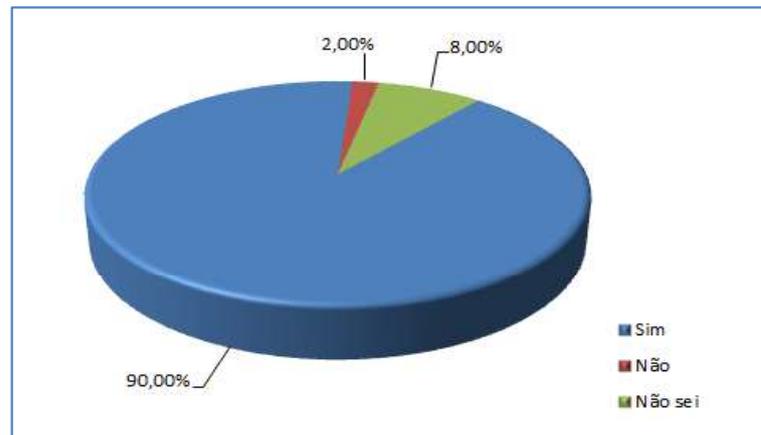
Gráfico 31 – Sondagem final – O *Bóson de Higgs* é quem “da massa” a todas as outras partículas.



Fonte: Jesus (2018).

Quanto aos conhecimentos sobre o *Bóson de Higgs*, verificou-se na sondagem inicial que 84% dos alunos afirmaram não saber a resposta e que apenas 10% marcaram a opção correta. Já após a aplicação da sondagem final, observou-se que 92% dos alunos afirmaram que sim, o *Bóson de Higgs* é quem “da massa” às demais partículas.

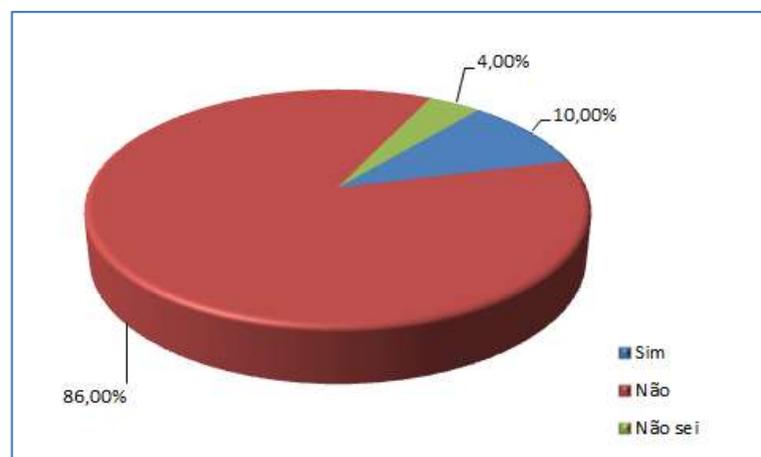
Gráfico 32 – Sondagem final – Algumas das partículas originadas no *Big Bang* ainda estão presentes na natureza.



Fonte: Jesus (2018).

Quanto às partículas originadas no *Big Bang*, na sondagem inicial 50% dos alunos afirmaram que elas ainda estão presentes na natureza. Já após a sondagem final, verificou-se que 90% dos alunos afirmaram que algumas delas ainda estão presentes na natureza.

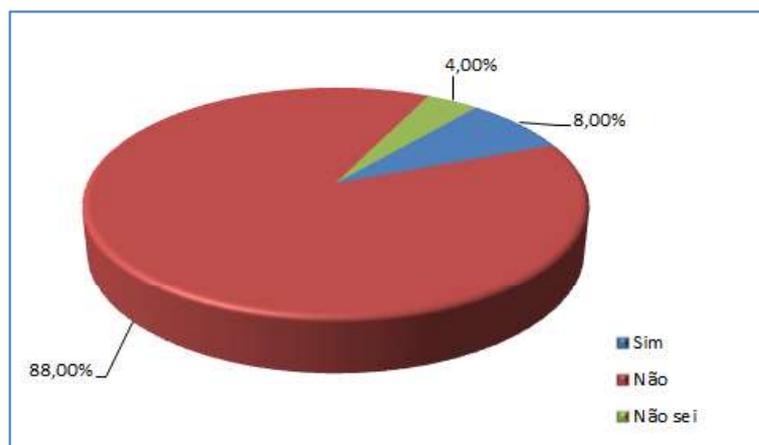
Gráfico 33 – Sondagem final – *Quarks e hádrons* são partículas elementares.



Fonte: Jesus (2018).

Quanto às partículas elementares, os alunos foram questionados na sondagem inicial se os *quarks* e *hádrons* são partículas elementares, e somente 4% responderam que não. No entanto, após a sondagem final, verificou-se que a porcentagem de alunos que marcou a opção correta foi de 86%. Julga-se então, que este índice de acerto pode subsidiar a evidência de uma aprendizagem significativa.

Gráfico 34 – Sondagem final – A força fraca é responsável pela atração gravitacional entre os corpos.



Fonte: Jesus (2018).

Ainda sobre as quatro forças fundamentais da natureza, ao serem questionados na sondagem inicial se a força fraca é a responsável pela atração gravitacional, 60% dos alunos afirmaram não saber a resposta e apenas 28% afirmaram que não. Já ao analisar os dados obtidos na sondagem final, verificou-se que 88% dos alunos afirmaram corretamente que a força fraca não é a responsável pela atração gravitacional.

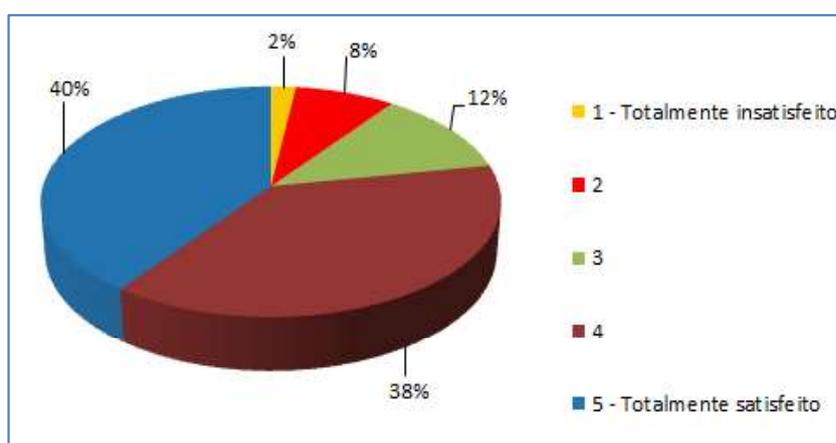
Apesar da avaliação diagnóstica com questões objetivas não ser a melhor forma de exame, pois o fato da assertiva ser verdadeira ou falsa não permite evidenciar os conhecimentos prévios, e ainda a asserção podendo ser tendenciosa, foi notado que os resultados permitiram sanar algumas dúvidas e corrigir erros conceituais que os estudantes tinham internalizado.

Para minimizar os resultados em que os alunos simplesmente “chutam” a resposta, adicionou-se a alternativa “não sei” para o caso de não terem certeza sobre a opção correta a ser marcada.

Após comparar os dados obtidos na sondagem inicial com os obtidos na sondagem final, é possível afirmar que houve indícios de aprendizagem significativa, uma vez que em todas as questões abordadas o número de acertos após o desenvolvimento do projeto superou os 80%.

4.8.2 Análise dos dados obtidos na pesquisa de opinião

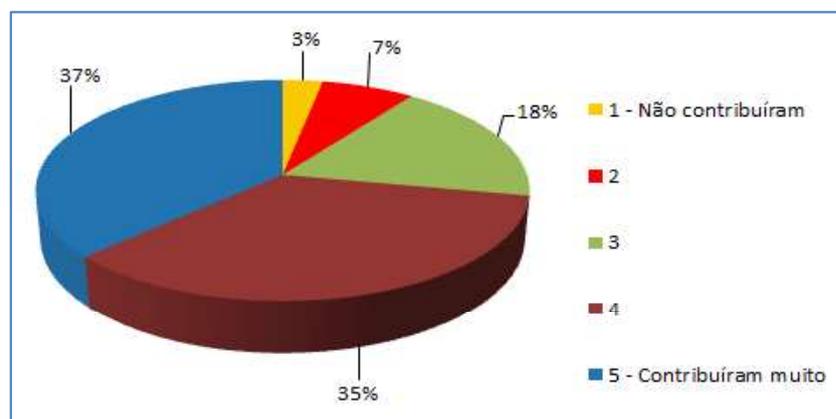
Gráfico 35 – Qual é o seu grau de satisfação com as atividades desenvolvidas ao longo do projeto?



Fonte: Jesus (2018).

Ao analisar os dados obtidos na primeira pergunta do questionário de opinião, verificou-se um alto nível de satisfação em relação as atividades desenvolvidas ao longo do trabalho, já que o somatório dos alunos satisfeitos a totalmente satisfeitos chegou a 90%.

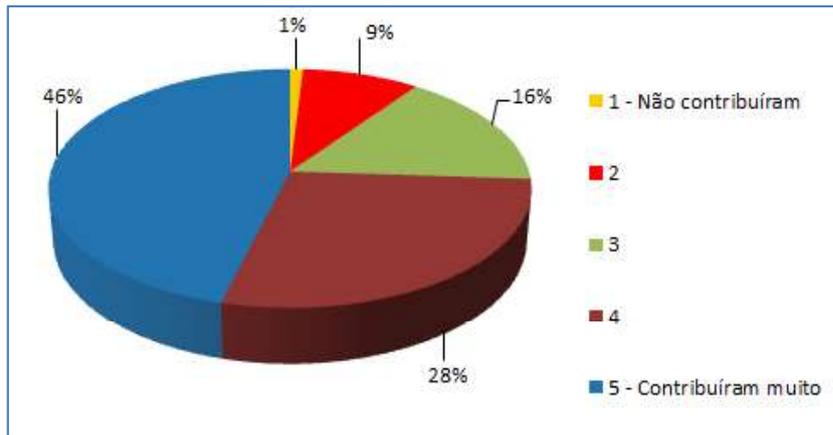
Gráfico 36 – As atividades desenvolvidas contribuíram de alguma forma para tornar o assunto mais interessante?



Fonte: Jesus (2018).

Do total de alunos entrevistados, 90% afirmaram que as atividades desenvolvidas contribuíram a contribuíram muito para tornar o assunto mais interessante. Ao longo do projeto verificou-se ainda que muitos dos alunos, sequer já haviam ouvido falar em vários dos temas abordados.

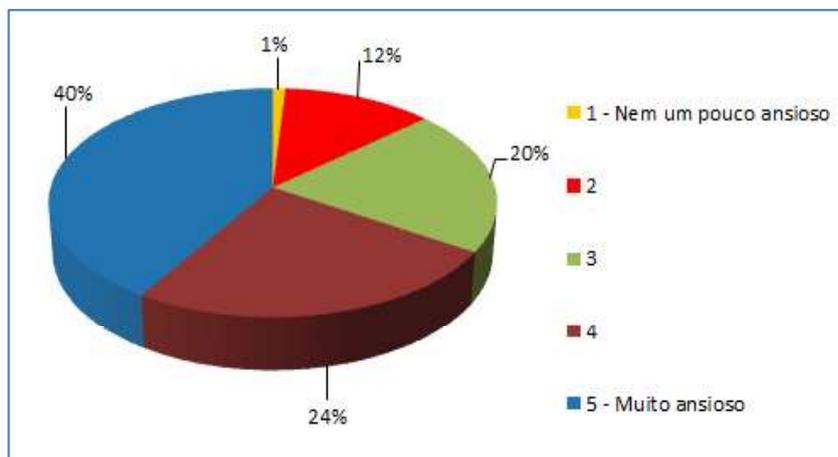
Gráfico 37 - As atividades desenvolvidas contribuíram para a aprendizagem de novos conceitos?



Fonte: Jesus (2018).

Ao serem indagados se as atividades desenvolvidas contribuíram para a aprendizagem de novos conceitos, 90% dos alunos afirmaram que as atividades contribuíram a contribuíram muito para a aprendizagem.

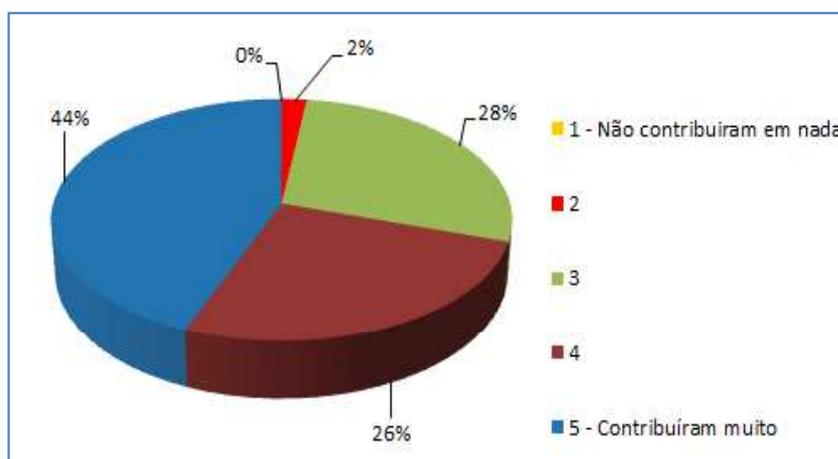
Gráfico 38 - Qual era o seu nível de ansiedade em relação às próximas aulas do projeto?



Fonte: Jesus (2018).

Com o intuito de verificar se os alunos mantinham-se ansiosos para os próximos encontros, perguntou-se qual era o nível de ansiedade deles em relação às próximas aulas e 84% afirmaram que permaneciam a permaneciam muito ansiosos para os próximos encontros.

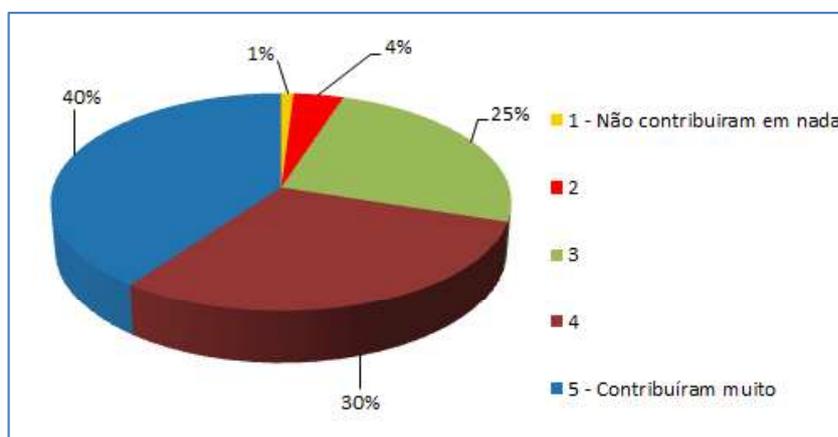
Gráfico 39 - As atividades desenvolvidas contribuíram para mudar sua visão sobre algum conceito abordado?



Fonte: Jesus (2018).

Com as atividades desenvolvidas ao longo do projeto verificou-se que muitos alunos apresentavam conceitos errados sobre diversos assuntos. Para tanto, perguntou-se aos alunos se as atividades desenvolvidas contribuíram para mudar sua visão sobre esses conceitos e 98% responderam que as atividades contribuíram a contribuíram muito para mudar sua visão.

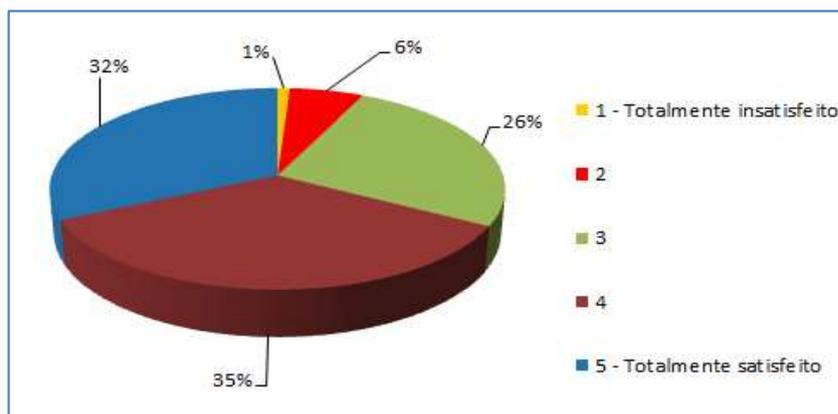
Gráfico 40 - Os jogos de cartas contribuíram para o seu entendimento sobre partículas elementares?



Fonte: Jesus (2018).

Sobre os jogos de cartas, 95% dos alunos afirmaram que os jogos contribuíram a contribuíram muito para o seu entendimento sobre partículas elementares.

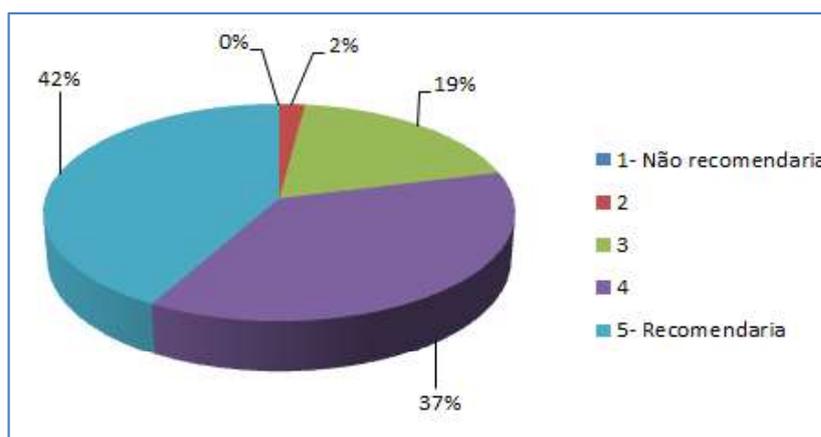
Gráfico 41 - Qual o seu nível de satisfação com os recursos (PowerPoint, vídeos, pôsteres, jogo de cartas) utilizados no projeto?



Fonte: Jesus (2018).

Quanto aos recursos utilizados na execução do projeto, 93% dos alunos afirmaram estarem satisfeitos a totalmente satisfeitos com a sua utilização.

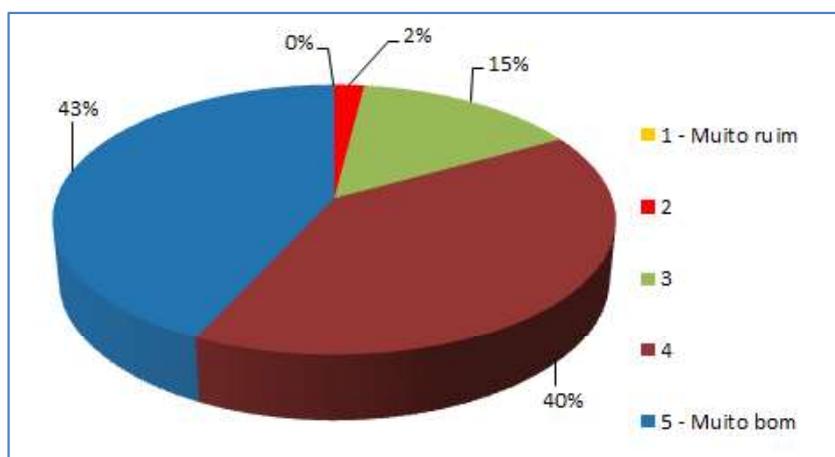
Gráfico 42 - Você recomendaria este projeto para que outros professores de física o utiliza-se em suas aulas?



Fonte: Jesus (2018).

Os alunos foram indagados ainda se recomendariam o projeto para que outros professores de física o utiliza-se em suas aulas. Do montante, 98% afirmaram que recomendaria o projeto, demonstrando dessa forma uma satisfação com a execução do projeto.

Gráfico 43 - De modo geral, como você avalia este projeto?



Fonte: Jesus (2018).

Por fim, 98% dos alunos avaliaram o projeto como de bom a muito bom, demonstrando assim, uma satisfação com as atividades desenvolvidas ao longo do processo.

Destinou-se a última pergunta do questionário de opinião para que os alunos realizassem suas considerações, podendo ser elogios, críticas ou sugestões. Do total de alunos que responderam, algumas respostas foram destacadas.

Figura 19 – Resposta do aluno A.

10. Utilize este espaço para fazer críticas, sugestões ou elogios ao projeto, ou a alguma atividades específica.

Os outros professores deveriam desenvolver projetos parecidos.

Figura 20 - Resposta do aluno B.

10. Utilize este espaço para fazer críticas, sugestões ou elogios ao projeto, ou a alguma atividades específica.

O jogo de Cartas ajudou a entender a matéria ensinada.

Figura 21 - Resposta do aluno C.

10. Utilize este espaço para fazer críticas, sugestões ou elogios ao projeto, ou a alguma atividades específica.

*Costei tanto do projeto que comprei o livro o
Discurso Charne das partículas para ler.*

Figura 22 - Resposta do aluno D.

10. Utilize este espaço para fazer críticas, sugestões ou elogios ao projeto, ou a alguma atividades específica.

*TODAS AS MATERIAS DE FÍSICA DEVERIAM SER ENSINA
DAS COM PROJETOS COMO ESSE.*

Figura 23 - Resposta do aluno E.

10. Utilize este espaço para fazer críticas, sugestões ou elogios ao projeto, ou a alguma atividades específica.

*Que pena que você desenvolveu esse
projeto somente no ultimo ano do ensino
medio.*

5. PRODUTO EDUCACIONAL

5.1 O jogo

Os conteúdos abordados na disciplina de Física exigem grande capacidade de abstração por parte dos alunos. É notório que os maiores desafios enfrentados pelos professores relacionam-se com o formalismo matemático exigido na resolução dos problemas, com a gama de conteúdos abordados pelos livros didáticos e a pouca disponibilidade de laboratórios para o desenvolvimento de abordagens experimentais que visem demonstrar na prática as teorias vivenciadas em sala de aula.

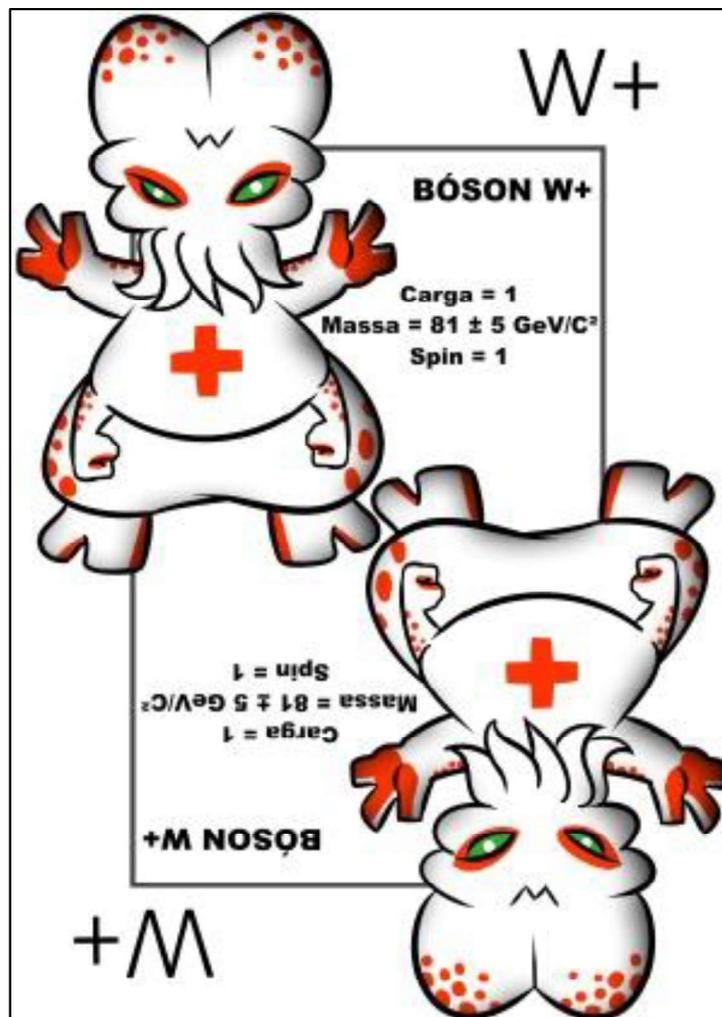
É de conhecimento de todos que a utilização de atividades experimentais que complementem a discussão teórica realizada em sala de aula, contribui significativamente para a aprendizagem de conceitos. O uso dessas atividades como estratégia de ensino tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais eficazes de se minimizar as dificuldades no processo de ensino/aprendizagem de física que muitas vezes apresenta-se de forma desmotivadora para os alunos.

No entanto, como várias escolas públicas não possuem laboratórios ou recursos para aquisição de equipamentos, pensou-se em uma forma para promover a transposição didática sobre a Física de Partículas para alunos da terceira série do Ensino Médio. Após analisar a produção bibliográfica existente, optou-se por desenvolver e aplicar um jogo de cartas sobre as Partículas Elementares e as Interações Fundamentais, como alternativa para a falta de laboratórios.

A proposta do jogo consiste em utilizar um conjunto de cartas com as principais características de algumas partículas fundamentais para resolver problemas propostos em sala de aula. As jogadas devem ocorrer de acordo com as regras do Modelo Padrão e das Leis de Conservação. Dessa forma, os alunos terão a oportunidade de aprender sobre a composição da matéria e as interações fundamentais.

O jogo é constituído por 64 cartas. Em cada carta há uma descrição da partícula fundamental constando o nome, a carga, a massa, o spin e o símbolo de cada uma.

Figura 24 - Carta de Partícula Fundamental



Fonte: Jesus (2018).

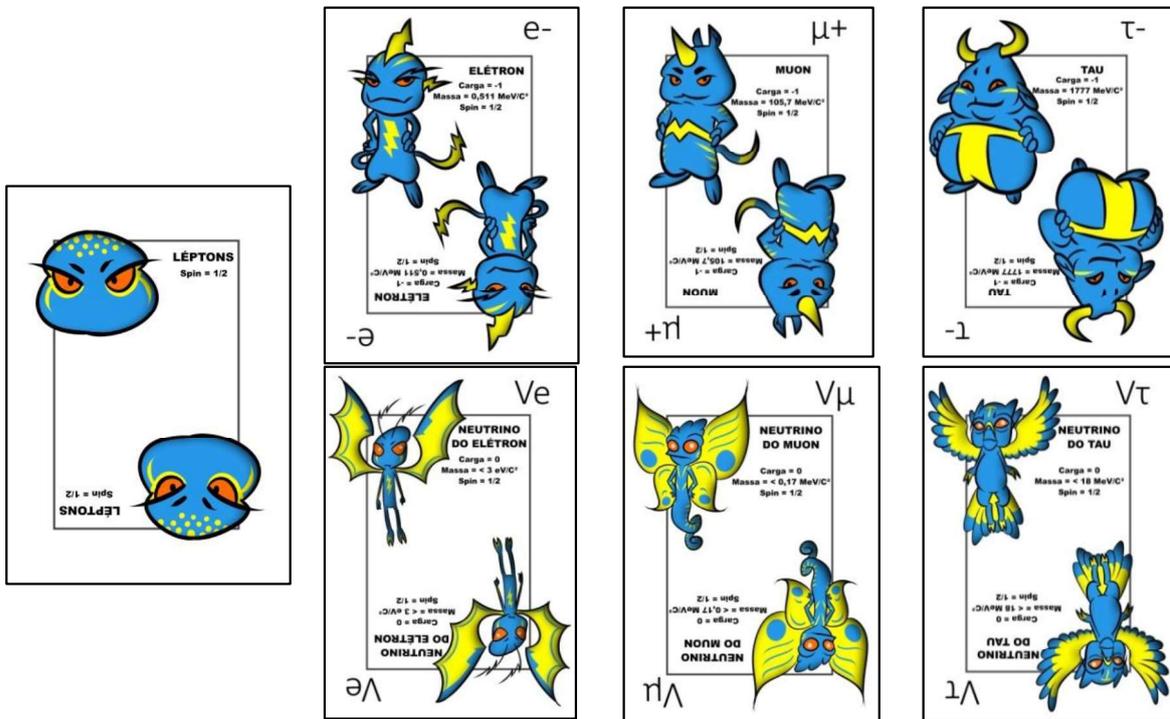
5.2 As cartas léptons

No jogo existem 6 cartas *léptons*:

- o *múon*;
- o *elétron*;
- o *tau*,

Seus respectivos neutrinos, duas cartas curingas e seus respectivos antiléptons..

Figura 25 - Cartas *léptons*



Fonte: Jesus (2018).

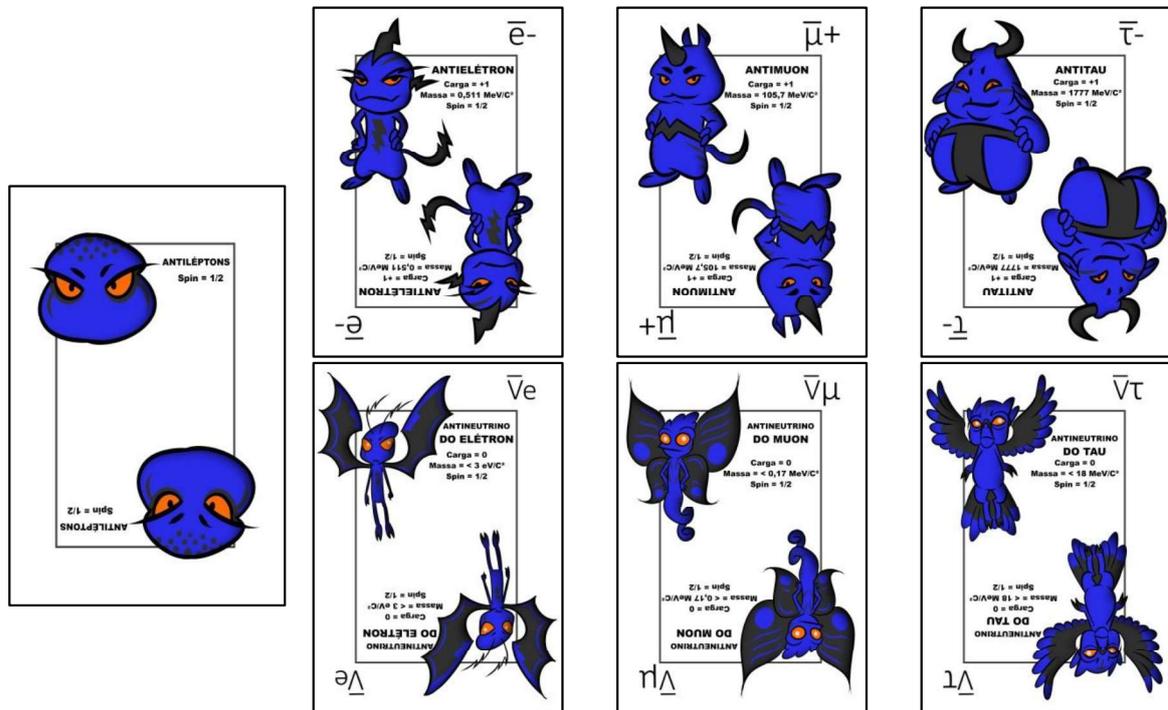
Léptons são partículas leves em termos de massa, não possuem estrutura interna e podem ou não possuir carga e, junto com os *quarks*, são os elementos básicos que constituem a matéria.

Tanto os *quarks* quanto os *léptons* obedecem ao princípio de exclusão de Pauli, que basicamente diz que é impossível existir duas partículas com um mesmo estado quântico. Por exemplo, se dois elétrons possuem os números quânticos n, l e m_l iguais, então o número de spin m_s será diferente. Dessa forma os *léptons* e os *quarks* são classificados como *férmions*.

5.3 Cartas de antipartículas dos *léptons*

Para cada férmion existente no Modelo Padrão existe uma partícula correspondente, bastante similar, com as mesmas propriedades, exceto a carga, que é oposta. Esta partícula correspondente é chamada de antipartícula. As antipartículas dos *léptons* podem ser escritas adicionando o sinal da carga sobrescrita à letra que o representa.

Figura 26 - Cartas antiléptons



Fonte: Jesus (2018).

O pósitron, antipartícula do elétron, pode ser escrito como e^+ . O neutrino não tem carga elétrica, tem um sabor, então o antineutrino possui um sabor oposto.

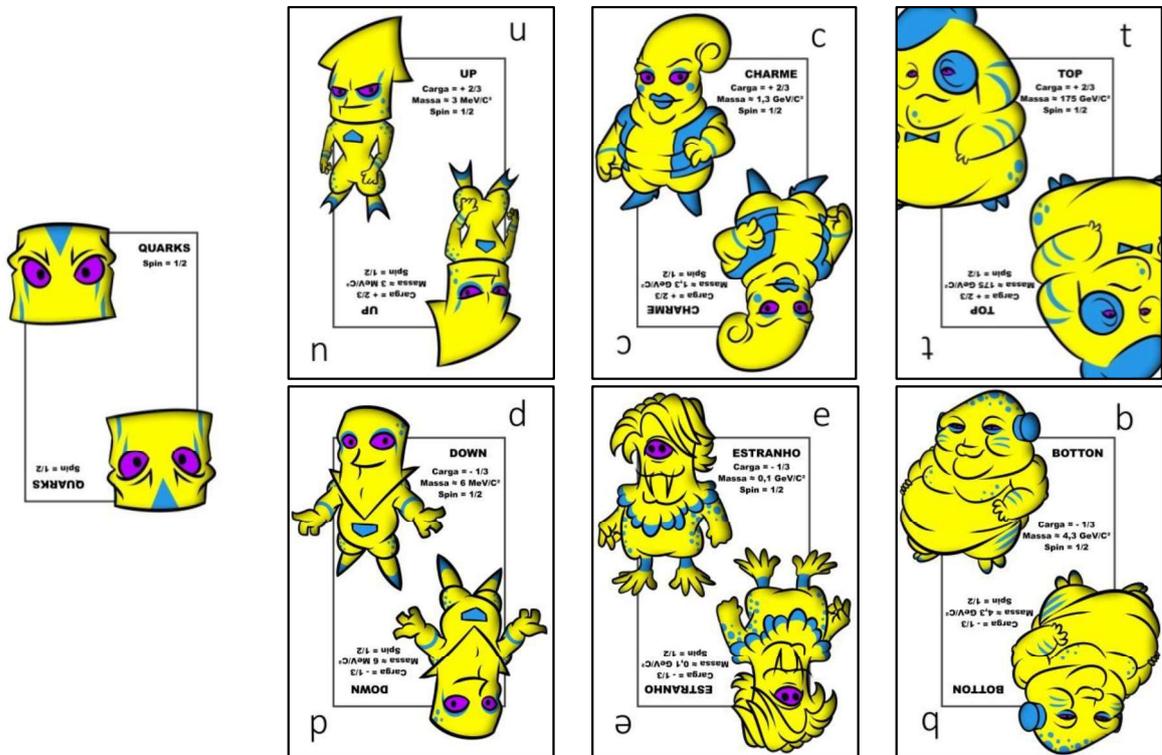
“Sabor” e “cor” são palavras usadas na física que não possuem o significado de uso comum, são usados para indicar um tipo de carga que não é de origem elétrica.

5.4 As cartas *quarks*

Quarks são partículas que possuem cor e sabor, seus correspondentes *antiquarks* possuem cores e sabores opostos. Essas partículas estão confinadas, interagindo entre si.

Não é possível observá-los de forma isolada, mas sim em combinações. Tais combinações podem resultar em outras partículas chamadas de *hádrons* que podem ser fermiônicos, compostos por três *quarks* (*bárions*), bosônicos ou mesônicos (compostos por um par de *quark* e *antiquark*). Na natureza são observados os prótons e nêutrons.

Figura 27- Cartas *quarks*



Fonte: Jesus (2018).

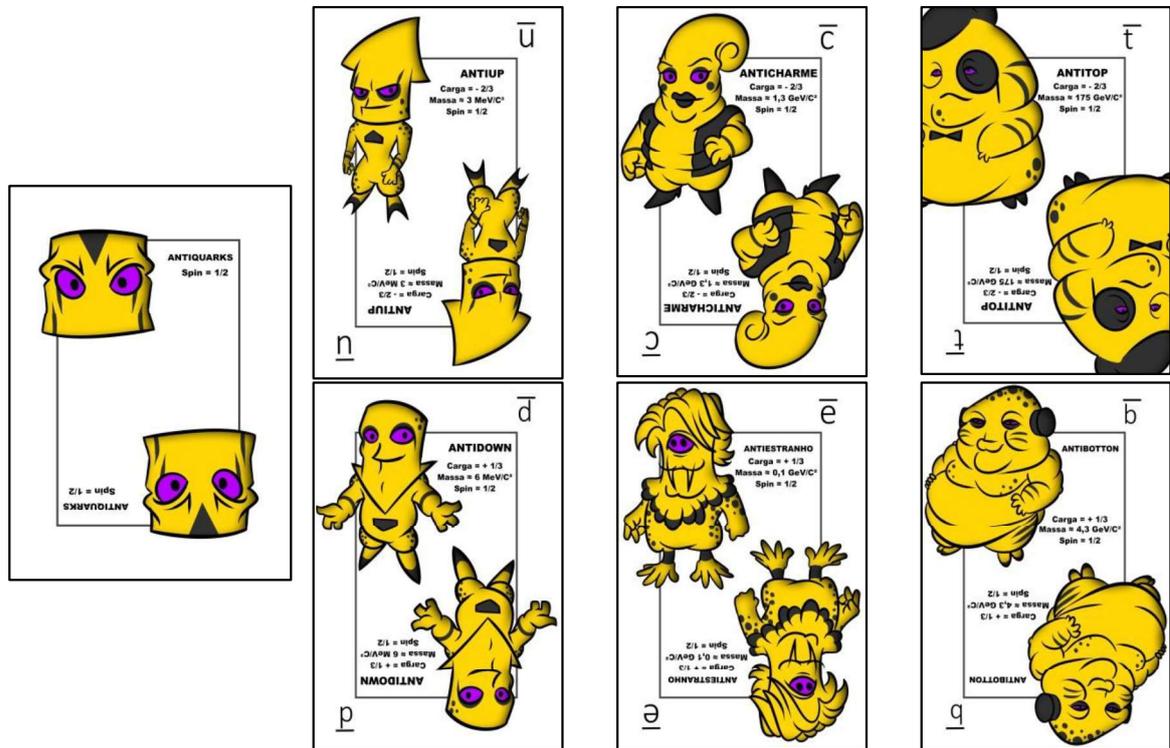
O jogo é composto por 6 cartas *quarks* (*top*, *up*, *bottom*, *down*, *strange* e *charm*), seus respectivos *antiquarks* e dois curingas.

5.5 As cartas *antiquarks*

Antiquark são as antipartículas dos *quarks*. Como cada quark tem o seu próprio antiquark, logo existem seis *antiquarks* que são: a

- *antiquark up*;
- *antiquark down*;
- *antiquark charm*;
- *antiquark strange*;
- *antiquark bottom*;
- *antiquark top*.

Figura 28 - Cartas *antiquarks*



Fonte: Jesus (2018).

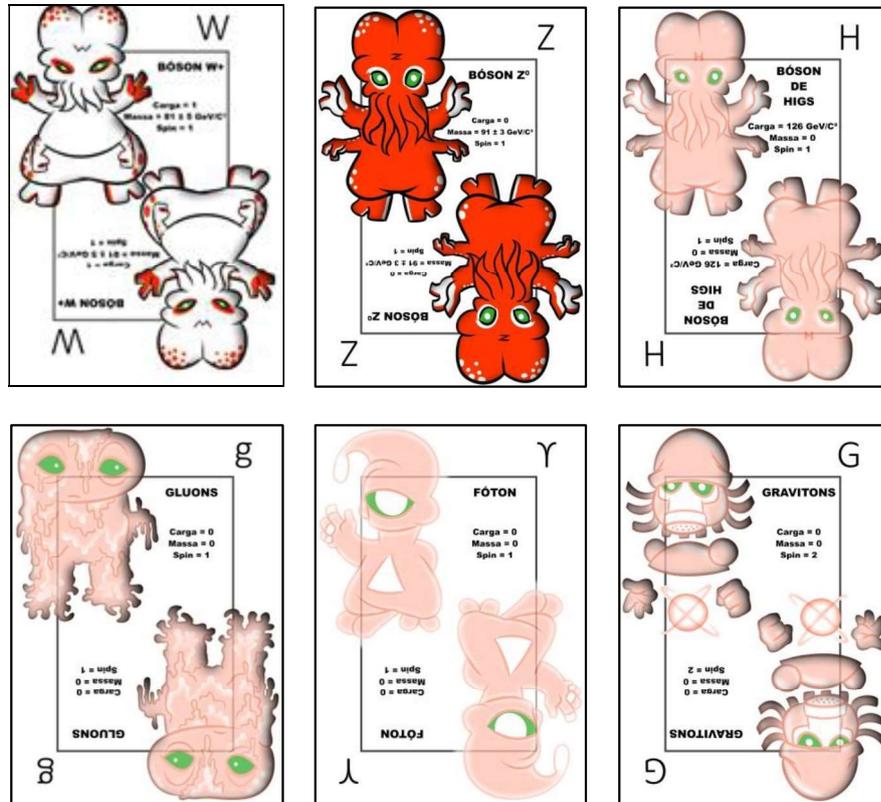
5.6 As cartas *bósons*

A maior diferença entre *bósons* e *férmions* é que os *bósons* não obedecem ao princípio de exclusão de Pauli. *Bósons* são conhecidos como partículas de calibre, responsáveis pelas interações fundamentais.

O *fóton* é responsável pelas interações eletromagnéticas em nível de campo, as interações fortes são regidas pelos *glúons* e as fracas pelos *bósons* W e Z. A principal diferença entre as interações eletromagnéticas e fortes é o fato de que as partículas responsáveis por essa primeira interação estarem sempre confinadas.

O jogo é composto por seis cartas *bósons*: o *fóton*, o *glúon*, os *bósons* W e Z e o *Bóson* de Higgs.

Figura 29 - Cartas *bósons*



Fonte: Jesus (2018).

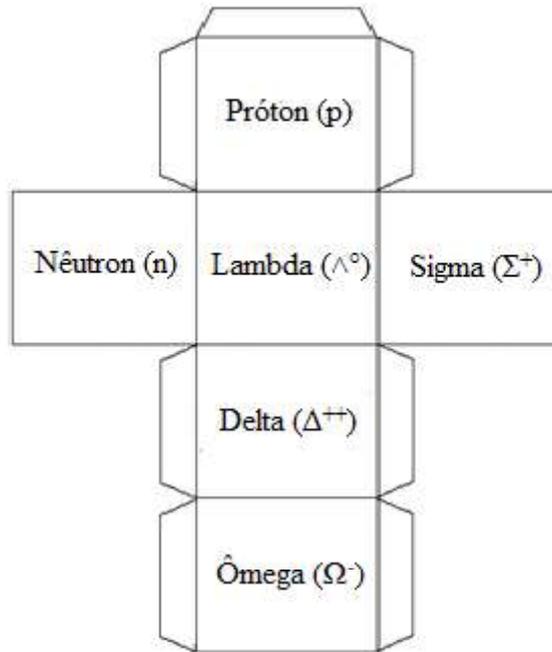
5.7 Dado das partículas *hádrons*

Um *hádron* é um composto de partículas subatômicas regido pela interação forte. Estas partículas são compostas de *quarks* e/ou *antiquarks*, e de *bárions*, tais como os prótons e os nêutrons. *Hádrons* podem ser classificados pela sua composição e pelo seu *spin*:

- *Bárions* são compostos de três *quarks* e têm *spin* semi-inteiro, caracterizando-se como *férmions*. Exemplos: próton, nêutron e lambda.
- *Mésons* são compostos de um *quark* e outro *antiquark* e são *bósons*, ou seja, têm *spin* inteiro. Exemplos: píons e káons.

Os dados de partículas não elementares são compostos pelos *bárions*: próton (p), nêutron (n), lambda (Λ^0), sigma (Σ^+), delta (Δ^{++}), ômega (Ω^-) e pelos *mésons*: pión (π^+), pión (π^-), káon (K^+), phi (ϕ), rho (ρ^+), upsilon (Y).

Figura 30 – Dado de partículas *bárions*



Fonte: Jesus (2018).

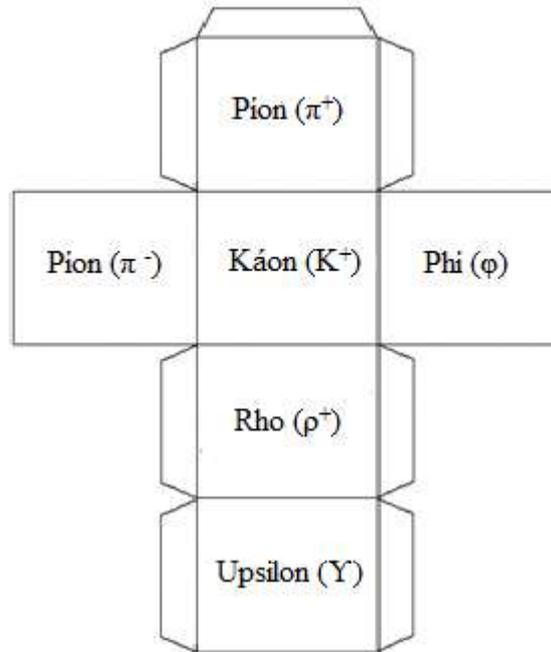
Os *bárions* são partículas em cuja composição existem três *quarks* (qqq). A antipartícula dos *bárions* são os *antibárions*, cuja composição existem três *antiquarks* ($\bar{q}\bar{q}\bar{q}$). Os *bárions* são *férmions*. Os *bárions* possuem número quântico de *spin* semi-inteiro, por exemplo, $1/2$ e $3/2$, ou seja, obedecem ao princípio de exclusão de Pauli.

Tabela 1 – *Bárions* e *Antibárions*

| FÉRMIONS – HADRONS – BÁRIONS E ANTIBÁRIONS | | | | | |
|--------------------------------------------|------------|-------------------------|----------------|-----------------------------|-------|
| Símbolo | Nome | Quarks | Carga elétrica | Massa (Gev/c ²) | Spin |
| p | próton | uud | 1 | 0,938 | $1/2$ |
| \bar{p} | antipróton | $\bar{u}\bar{u}\bar{d}$ | -1 | 0,938 | $1/2$ |
| n | nêutron | udd | 0 | 0,940 | $1/2$ |
| Λ^0 | lambda | uds | 0 | 1,116 | $1/2$ |
| Ω^{-1} | ômega | sss | -1 | 1,672 | $3/2$ |

Fonte: Jesus (2018).

Figura 31 – Dado de partículas *mésons*



Fonte: Jesus (2018).

Os *mésons* são partículas subatômicas compostas por um par de *quark-antiquark* ($q\bar{q}$) geradas por colisões entre partículas que possuem altas energias. Por exemplo, o *píon* é um *méson* composto por um *quark* e um *antiquark*. Todos os *mésons* têm *spin* inteiro e, portanto, são *bósons*. Veja alguns *mésons* na tabela abaixo.

Tabela 2 – *Mésons*

| HÁDRONS – BÓSONS – MÉSONS | | | | | |
|---------------------------|----------------|------------|----------------|-----------------------------|------|
| Símbolo | Nome | Quarks | Carga elétrica | Massa (Gev/c ²) | Spin |
| π^+ | Píon | $u\bar{d}$ | +1 | 0,140 | 0 |
| K^- | Káon | $s\bar{u}$ | -1 | 0,494 | 0 |
| ρ^+ | Rhô | $u\bar{d}$ | +1 | 0,770 | 1 |
| D | D ⁺ | $c\bar{d}$ | +1 | 1,869 | 0 |
| η_c | eta-c | $c\bar{c}$ | 0 | 2,979 | 0 |

Fonte: Jesus (2018).

5.8 Regra de combinação dos *quarks*

Os *quarks* compõem os *hádrons* e podem se combinar em número de dois ou três para compor cada *hádron*. Essa associação de *quarks* obedece a algumas regras, dentre elas a da carga elétrica:

- A soma das cargas elétricas deve ser um número inteiro entre $-2e$ e $+2e$. Ou seja, a carga final de um *hádron* deve ter um dos seguintes valores: $-2e$, $-1e$, 0 , $1e$ ou $2e$.

Os *quarks* possuem dois tipos de carga, a positiva e a negativa. Entretanto, eles possuem cargas semi-inteiras, isto é, uma fração da carga do elétron, antigamente considerada elementar. As cargas elétricas dos *quarks* são fracionárias e podem ser $2/3e$ e ou $-1/3e$.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho buscou-se ensinar conceitos básicos de física de partículas a partir de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que se utilizou de jogos de cartas baseados no modelo padrão e nas interações fundamentais. A escolha da metodologia apresentada por Moreira (2011) foi de grande valia, pois esclareceu de forma prática como elaborar e aplicar as atividades de acordo com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, levando o professor a refletir sobre as etapas e as atividades desenvolvidas, considerando o conhecimento trazido pelos estudantes.

A partir da análise qualitativa dos dados coletados, notou-se indícios de aprendizagem significativa. Os estudantes sentiram-se motivados a participar das atividades e destacaram a relevância de se usar elementos diferenciados e significativos em sequências de ensino.

Avaliando a aprendizagem na UEPS, percebe-se boa evolução em torno dos conceitos envolvendo principalmente o Big Bang, os aceleradores de partículas, o modelo padrão e as interações fundamentais.

Os mapas conceituais elaborados pelos estudantes associam de forma correta os conceitos abordados pela UEPS e isso indica que a nova informação foi retida a partir dos *subsunçores* que os alunos trazem com eles.

Finalmente, a partir da análise dos dados coletados neste trabalho, conclui-se que as atividades aplicadas nesta pesquisa foram capazes de tornar o assunto mais interessante para os estudantes (gráficos 35, 37 e 38), principalmente aquelas que envolveram os jogos de cartas. Também é possível concluir que bons resultados de aprendizagem foram obtidos, principalmente em torno dos conceitos partículas elementares e interações fundamentais (gráficos 18, 19, 21, 22, 24, 25, 28, 29, 30, 31 e 32). Também houve aumento na compreensão do funcionamento dos aceleradores de partículas (gráficos 23, 26 e 27).

Desta forma, os objetivos relacionados à elaboração e aplicação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa UEPS proposta neste trabalho foram atingidos e a análise dos dados obtidos na pesquisa reforça a hipótese de que a abordagem de jogos no contexto educacional pode facilitar o ensino de conceitos básicos de física moderna e nesse caso, em especial, conceitos de física de partículas e interações fundamentais.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, M. C. B., **Sobre o discreto charme das partículas elementares**. Física na Escola. São Paulo. Vol. 6, n. 1 (mai. 2005), p. 38-44, 2005. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol06-Num1/charme1.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: A cognitive view*. Nova York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1968.

_____. **Aquisição e Retenção do Conhecimento: Uma perspectiva cognitiva**. Platano. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000156&pid=S1519-7077201100030000700008&lng=pt>. Acesso em: 11. Mar 2018.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2ed., Rio de Janeiro: Interamericana. 625p, 1980.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ministério da educação. Secretária da Educação Média e Tecnológica. Brasília, 1999.

_____. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 141 p.

BRUHNS, H. T., **O jogo parceiro e o jogo adversário**. 2ª ed. Campinas: Papirus, 1999.

CASAS, Renato Las. **O Grande Colisor de Hádrons (LHC)**. Observatório Astronômico Frei Rosário – UFMG. Caeté – MG. 2010. Disponível em: <<http://www.observatorio.ufmg.br/Pas96.htm>>. Acesso em: 01 out. 2018.

CAVELLUCCI, L. C. B. **Estilos de aprendizagem: em busca das diferenças individuais**. Campinas: Ed. da Unicamp, 2003. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/disciplinas/am540_2003/lia/estilos_de_aprendizagem.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.

_____. **Mapas conceituais: uma breve revisão**. [S.l.: s.n.], [2009?].

CORREIA, P. R. M. **Mapas conceituais como ferramentas de avaliação na sala de aula**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 4, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v32n4/09.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

GILMORE, R. **Alice no país do quantum: A física quântica ao alcance de todos**. Zahar, 1998.

GONZALES, E. G.; ROSA, P. R. S. **Aprendizagem significativa de conceitos de circuitos elétricos utilizando um ambiente virtual de ensino por alunos da educação de jovens e adultos**. Revista Investigações em Ensino de Ciências – IENCI, v. 19, n. 2, 2014. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFGRS. 2014. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/91>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

KAPP, K. M. **The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education.** 2012. San Francisco: Pfeiffer.

LEMOS, E. D. S. **A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação.** Aprendizagem Significativa em Revista, v. 1, n. 1, p. 25-35, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID3/v1_n1_a2011.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2018.

MENEZES, L. C. (Coord). **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Parte III Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação, 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** Porto Alegre: UFRGS, 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acessado em: 24 abr. 2018.

_____. **Teorias de Aprendizagem.** Editora Pedagógica Universitária, São Paulo, 1999.

_____. **Aprendizaje Significativo: teoria y práctica.** Ed. Visor. Madrid, 2000.

_____. **Partículas e Interações.** Física na Escola. São Paulo. Vol. 5, n. 2 (out. 2004), p. 10-14, 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol5/Num2/v5n1a03.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

_____. **O Modelo Padrão da Física de Partículas.** Revista Brasileira de Ensino de Física. [online]. 2009, vol.31, n.1, pp.1306.1-1306.11. ISSN 1806-1117. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172009000100006&script=sci_abstract&tng=pt>. Acesso em: 09 mar. 2018.

_____. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas-UEPS.** 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa.** Currículum, n. 25, p. 29-56, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa. A teoria de David Ausubel.** Ed. Centauro. São Paulo, 2001.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas.** Porto Alegre: UFRGS, 1999.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprendiendo a aprender.** Barcelona: Martínez Roca, 1988. Disponível em: <[http://www.terras.edu.ar/biblioteca/3/EEDU_Novak-Gowin_Unidad_1\(1\).pdf](http://www.terras.edu.ar/biblioteca/3/EEDU_Novak-Gowin_Unidad_1(1).pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2018.

OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C.J.H. (2001). **Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola.** Física na Escola. v.2, n.1, p.13-18. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/index.php/edicoes/category/36-volume-02-n-1-maio>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

_____. **Teorias de aprendizagem.** Instituto de Física, Porto Alegre: Evangraf. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sead/servicos-ead/publicacoes-1/pdf/Teorias_de_Aprendizagem.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2018.

RORATTO, C.; NOGUEIRA. C. M. I.; KATO, L. A. **Ensino de Matemática, História da Matemática e aprendizagem significativa: uma combinação possível.** Revista Investigações em Ensino de Ciências – IENCI, v. 16, n.1, 2011. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/250/175>>. Acesso em: 27 mai. 2018.

SIQUEIRA, M. R. P., **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio.** 2006. 257f. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo. Instituto de Física e Faculdade de Educação. 2006. Disponível em: <<http://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/DissertMAXWELL.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

TERRAZZAN, 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. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/7392/6785>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

**APÊNDICE A– TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E
DEPOIMENTOS**

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu _____, CPF: _____,
RG _____, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem, e/ou depoimento. **AUTORIZO** o uso de produção intelectual, como também, o uso de imagem, em todo e qualquer material entre fotos e documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Rafael Tereso de Jesus e Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim** do projeto de pesquisa intitulado **“Proposta de uma UEPS para ensinar física de partículas através de jogos de cartas”** da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos), produção intelectual e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Brasília, ____ de _____ de 2018

Pesquisador responsável pelo projeto

Sujeito da Pesquisa

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu _____, menor de idade, neste ato devidamente representado por seu (sua) (responsável legal), _____ CPF: _____,

RG: _____, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento. **AUTORIZO** o uso de produção intelectual, como também, o uso de imagem em todo e qualquer material entre fotos e documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Rafael Tereso de Jesus e Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes de Amorim** do projeto de pesquisa intitulado **“Proposta de uma UEPS para ensinar física de partículas através de jogos de cartas”** da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos), produção intelectual e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Brasília, ____ de _____ de 2018

Pesquisador responsável pelo projeto

Sujeito da Pesquisa

APÊNDICE B-PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA**

PRODUTO EDUCACIONAL

**PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS
ATRAVÉS DE JOGOS DE CARTAS**

RAFAEL TERESO DE JESUS

**BRASÍLIA – DF
2018**

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Imagem do vídeo sobre o que foi o <i>Big Bang</i> | 8 |
| Figura 2 - Imagem do vídeo sobre formação das primeiras partículas pós <i>Big Bang</i> | 8 |
| Figura 3 - Infográfico sobre a evolução temporal do universo..... | 9 |
| Figura 4 - Imagem do vídeo sobre o acelerador de partículas (CERN)..... | 9 |
| Figura 5 - Imagem da apresentação sobre acelerador de partículas..... | 10 |
| Figura 6 - Imagem do vídeo sobre partículas elementares.. | 10 |
| Figura 7 - Imagem do pôster sobre ensino de partículas elementares..... | 11 |
| Figura 8 - Imagem do mapa conceitual sobre partículas elementares..... | 11 |
| Figura 9 - Cartas do baralho de partículas.. | 12 |
| Figura 10 - Imagem do vídeo sobre os <i>quarks</i> | 14 |
| Figura 11 - Imagem do vídeo sobre o <i>quark up</i> | 14 |
| Figura 12 – Cartas <i>léptons</i> | 21 |
| Figura 13 – Cartas <i>antiléptons</i> | 21 |
| Figura 14 – Cartas <i>quarks</i> | 22 |
| Figura 15 – Cartas <i>antiquarks</i> | 22 |
| Figura 16 – Cartas <i>bósons</i> | 23 |
| Figura 17 – Dado <i>bárions</i> | 23 |
| Figura 18 – Dado <i>mésons</i> | 23 |

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| MG – Minas Gerais | 1 |
| MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física | 1 |
| UNB – Universidade de Brasília | 1 |
| UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa | 2 |
| CERN – Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire | 4 |
| GeV – Giga elétron-volt | 25 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Questionário de verificação inicial | 6 |
| Tabela 2 – Apresentação sobre a definição e construção de mapas conceituais | 7 |
| Tabela 3 – Apresentação sobre a definição e formação de <i>hádrons</i> | 13 |
| Tabela 4 – Questionário de verificação final | 17 |
| Tabela 5 – Tabela de auxílio para o aluno | 25 |

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO | 1 |
| 1. PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS | 3 |
| 1.1 Objetivos | 3 |
| 1.2 Sequência da UEPS..... | 3 |
| 2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS | 6 |
| 2.1 Primeira etapa – 1ª aula e 2ª aula | 6 |
| 2.1.1 Questionário de verificação inicial..... | 6 |
| 2.1.2 Elaboração de Mapas Conceituais..... | 7 |
| 2.2 Segunda etapa – 3ª aula e 4ª aula..... | 8 |
| 2.2.1 Vídeos sobre o Big Bang e a evolução do universo | 8 |
| 2.3 Terceira etapa – 5ª aula e 6ª aula..... | 9 |
| 2.3.1 Vídeo sobre o acelerador de partículas (CERN) | 9 |
| 2.3.2 Apresentação sobre acelerador de partículas | 10 |
| 2.4 Quarta etapa – 7ª aula e 8ª aula | 10 |
| 2.4.1 Vídeo sobre partículas elementares | 10 |
| 2.4.2 Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola..... | 11 |
| 2.4.3 Partículas e interações | 11 |
| 2.5 Quinta etapa – 9ª aula e 10ª aula..... | 12 |
| 2.5.1 Jogo de cartas – família das partículas..... | 12 |
| 2.6 Sexta etapa – 11ª aula e 12ª aula | 13 |
| 2.6.1 Os <i>hádrons</i> | 13 |
| 2.6.2 Sobre a partícula elementar <i>quark</i> | 14 |
| 2.6.3 Exercícios em grupo – a formação dos <i>hádrons</i> | 15 |
| 2.7 Sétima etapa – 13ª aula e 14ª aula..... | 16 |
| 2.7.1 Jogo de cartas <i>hádrons</i> | 16 |
| 2.8 Oitava etapa – 15ª aula e 16ª aula | 17 |
| 2.8.1 Questionário de verificação final | 17 |
| 2.8.2 Pesquisa de opinião | 18 |
| REFERÊNCIAS | 19 |
| APÊNDICE A – CARTAS DO BARALHO E DADOS..... | 20 |
| APÊNDICE B – TABELA DE AUXILIO PARA O ALUNO | 24 |

INTRODUÇÃO

Prezado(a) Professor(a),

Desenvolveu-se o presente produto educacional com o objetivo de auxiliar os professores na elaboração de sequências didáticas que possam contribuir para a promoção de uma aprendizagem significativa de conceitos relacionados à Física de Partículas para alunos da terceira série do Ensino Médio.

A sequência didática fundamentou-se no que preconiza David Ausubel em sua teoria, onde segundo ele, a aprendizagem significativa é um processo no qual o indivíduo relaciona uma nova informação de forma não arbitrária e substantiva com aspectos relevantes presentes na sua estrutura cognitiva (AUSUBEL et al, 1980).

Nesse sentido, (MOREIRA, 2000) vai além ao informar que são esses aspectos relevantes, denominados *subsunçores* ou ideias âncora, que ao interagirem com a nova informação dão significado para a mesma. Neste processo de interação, que não deve ser interpretado como uma simples ligação, os *subsunçores* modificam-se, tornando-se progressivamente mais diferenciados, elaborados e estáveis.

Aplicou-se o produto educacional para estudantes da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Unaí – MG. O produto desenvolveu-se no âmbito do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF)¹ oferecido pela Universidade de Brasília (UNB).

A sequência didática desenvolvida no produto educacional descreve estratégias para identificar os conhecimentos prévios sobre Física de Partículas já arraigada nos estudantes, com o objetivo de, a partir daí, relacioná-los ao conteúdo a ser ensinado, que no caso refere-se à Física de Partículas, oferecendo condições para a promoção de uma aprendizagem significativa.

O fato de toda a matéria ser constituída por átomos, que por sua vez são constituídos por partículas ainda menores, e essa ideia ser amplamente divulgada para as crianças desde as séries iniciais, leva os estudantes a terem uma noção das características subatômicas dos átomos. No entanto, poucos sabem que partículas como o nêutron e o próton não são

¹ O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF - é uma ação da Sociedade Brasileira de Física –SBF – e congrega diferentes Instituições de Ensino Superior do País.

elementares e, portanto, são constituídos por partículas ainda menores. Este fato pode fomentar um debate sobre as partículas elementares, sobre o modelo padrão e sobre as interações fundamentais.

Visando a promoção de uma aprendizagem significativa de conceitos relacionados ao modelo padrão e às partículas elementares, este produto educacional é apresentado como uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa UEPS, dividindo-se em três partes conforme preconiza (MOREIRA, 2011):

- I) Proposta de UEPS para o ensino e conceitos básicos de física de partículas;
- II) Atividades e orientações;
- III) Atividades complementares.

As três partes descritas acima se organizam da seguinte forma:

A proposta de UEPS descreve as oito etapas da proposta de ensino, permitindo que o leitor tenha uma visão geral das atividades a serem realizadas ao longo da sequência.

As atividades e orientações apresentam uma organização por encontro, sendo que cada encontro é composto por duas aulas geminadas. Esta seção contém:

- ✓ Questionários para verificação inicial e final, e uma pesquisa de opinião;
- ✓ Orientações para a construção de mapas conceituais;
- ✓ Apresentações com os temas abordados;

Já na seção atividades complementares, apresentou-se dois jogos de cartas elaborados pelo pesquisador. Estes jogos visam consolidar a aprendizagem sobre a Física de Partículas, as Interações Fundamentais e a formação dos *hádrons*. O primeiro jogo aborda a estrutura do modelo padrão e a forma como se organizam as famílias das partículas elementares. Já o segundo jogo aborda a formação dos *hádrons* obedecendo às leis de conservação de *spin* e carga elétrica.

Com essas ações pretende-se que o aluno tenha acesso a informações sobre a intrigante Física de Partículas, que por muitas vezes não é levado ao conhecimento dos alunos por diversos fatores. O objetivo é que esse conhecimento não somente seja levado ao estudante, mas que principalmente, ele seja levado de forma que possa promover uma aprendizagem significativa.

1. PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS

Rafael Tereso de Jesus²

1.1 Objetivo: Facilitar a aquisição e consolidação de conceitos básicos de Física de Partículas (modelo padrão, partículas elementares, interações fundamentais, formação de partículas, leis de conservação) para alunos da terceira série do Ensino Médio.

1.2 Sequência da UEPS:

I. Atividades iniciais: aplicação do questionário (verificação inicial) com questões sobre o *Big Bang*, aceleradores de partículas, modelo padrão, partículas elementares, interações fundamentais e composição de partículas. Após a aplicação do questionário, os alunos devem ser orientados a construir um mapa conceitual, tendo como tema: os ramos da Física, Química e Biologia. Esses temas foram escolhidos por serem amplos e dessa forma oferecer várias possibilidades para a construção do primeiro mapa conceitual. Ao final da aula, solicitar aos alunos que realizem uma pesquisa sobre o que foi o *Big Bang*. Esta pesquisa objetiva familiariza-los aos conceitos que serão abordados na próxima aula.

II. Situação problema inicial: apresentação da pesquisa solicitada no encontro anterior: os grupos apresentarão o resultado da pesquisa. Durante a apresentação dos grupos o professor deverá ficar atento para realizar possíveis correções conceituais. Em seguida, apresentar tópicos relevantes que envolvam os conhecimentos prévios dos estudantes identificados na verificação inicial e nos mapas conceituais: ficção científica envolvendo as partículas elementares, antimatéria, buracos negros; a formação do universo, o *Big Bang*, as primeiras partículas, os primeiros elementos da tabela periódica; os aceleradores de partículas, o *Bóson de Higgs*, pesquisas realizadas nos aceleradores; partículas elementares, interações fundamentais, composição de partículas e leis de conservação. Após esta apresentação exibir os vídeos sobre o *Big Bang* e formação das primeiras partículas, e organizar os estudantes em grupos para debater as novas informações apresentadas para em seguida construírem um mapa conceitual sobre o que foi apresentado.

² Mestrando do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (Polo 01 – UnB). Professor da Rede Privada e Pública de Ensino de Minas Gerais.

III. Aprofundando conhecimentos: partindo de perguntas do tipo: “como um aparelho de micro-ondas funciona?”, “você possui um acelerador de partículas em casa?”, “a medicina utiliza aceleradores de partículas?”, “um acelerador de partículas pode causar o fim do mundo?”. Visando demonstrar o funcionamento dos aceleradores de partículas, o professor pode demonstrar como essas máquinas recriam partículas que existiram somente nos primeiros instantes após o *Big Bang*. Através do site do *Google Street View* o professor pode fazer uma visita virtual ao (CERN) para que os alunos compreendam sua magnitude. Após uma discussão inicial o professor deverá apresentar vídeos sobre o funcionamento dos aceleradores de partículas. Os vídeos selecionados deveram informar quais são os tipos de aceleradores de partículas existentes e quais são as pesquisas desenvolvidas nesses aceleradores. Finalizando esta etapa, organizar os estudantes em grupos e solicitar que construam um mapa conceitual com as informações apresentadas.

IV. Nova discussão em nível mais alto de complexidade: O professor deverá retomar a discussão sobre partículas elementares. Neste momento o professor poderá exibir um vídeo ou mais (caso haja tempo) sobre as partículas elementares. Após a exibição do(s) vídeo(s) o professor deverá abordar os temas modelo padrão e famílias das partículas, onde deverá demonstrar características como massa, carga elétrica e *spin* das partículas; abordando ainda as interações fundamentais e o *Bóson de Higgs*. Em um segundo momento o professor deverá exibir um pôster elaborado por (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2001) disponível na Revista Física na Escola. O pôster traz uma abordagem detalhada e de fácil entendimento sobre o assunto abordado. Para completar a aula o professor deverá apresentar dois mapas conceituais elaborados por (MOREIRA, 2004). O primeiro mapa conceitual aborda o tema partículas elementares e o segundo aborda as interações fundamentais. Após a exibição dos mapas o professor deverá dividir a sala em grupos, para solicitar que construam seus próprios mapas conceituais sobre o tema abordado.

V. Concluindo a unidade: Para encerrar a discussão o professor deverá aplicar o jogo sobre as partículas elementares. O jogo objetiva consolidar os conhecimentos apresentados e levar o aluno a compreender como as partículas são agrupadas no modelo padrão. O jogo de cartas foi elaborado pelo pesquisador e deverá ser jogado em trio ou no máximo por quatro alunos. Durante o jogo o aluno deverá agrupar as cartas por famílias “partículas de matéria” e “partículas de força”. As partículas de matéria dividem-se em *léptons* e *antiléptons*, e, *quarks* e *antiquarks*. Já as partículas de força são os *bósons* *w*, *z*, *fótons*, *grávitons* e *gluons*. O jogo possui ainda dois coringas que são os *Bósons de Higgs*.

VI. Nova situação problema em nível mais alto de complexidade: O professor deverá aprofundar a discussão, porém dessa vez incluindo o tema *quarks* e a formação dos *hádrons*, que para tanto devem obedecer às leis de conservação da carga elétrica e do spin. Neste momento o professor poderá recomendar aos alunos a leitura do livro: O mágico dos *quarks* – A física de partículas ao alcance de todos, do autor Robert Gilmore. O autor utiliza os eternos personagens de O Mágico de Oz — Dorothy, o Espantalho, o Homem de Lata, o Leão e terríveis feiticeiras — para explicar de maneira clara o mundo das subpartículas atômicas. O professor poderá recomendar ainda, a leitura do livro: Alice no país do quantum, que faz uma paródia do clássico: Alice no país das maravilhas. Este livro também possui o intuito de ensinar a Física de Partículas de forma lúdica e de linguagem acessível à maioria da população.

Na sequência, o professor poderá exibir um vídeo ou mais (caso haja tempo) sobre as partículas elementares e o que são *quarks* e *hádrons*, abordando quais são os tipos existentes e informar quais são os princípios que regem sua formação. Após a explanação e discussão sobre os *hádrons* o professor poderá elaborar uma lista de exercícios onde os alunos devem demonstrar os conhecimentos adquiridos, abordando principalmente as leis de conservação da carga elétrica e do *spin*.

VII. Concluindo a unidade: Para finalizar a discussão, o professor deverá aplicar o jogo de cartas sobre a formação de *hádrons*. O jogo objetiva consolidar os conhecimentos apresentados e levar o aluno a compreender como os *hádrons* são formados e quais são as leis de devem obedecerem para que as partículas possam ser criadas.

O jogo de cartas foi elaborado pelo pesquisador e deverá ser jogado em trio ou no máximo em grupos de quatro alunos. Durante o jogo o aluno deverá agrupar as cartas para formarem *hádrons*, obedecendo às leis de conservação da carga elétrica e do *spin*.

VII. Avaliação – sondagem final e pesquisa de opinião: Ao final da sequência didática, o professor deverá aplicar novamente o questionário de verificação aplicado no início da sequência para verificar se houve indícios de aprendizagem significativa. Logo após, um novo questionário deverá ser aplicado, no entanto este deverá investigar o nível de satisfação dos alunos com a aplicação da UEPS. Os dados levantados poderão indicar possíveis falhas e consecutivamente guiar o professor ao escolher estratégias que promovam as melhorias nas falhas apontadas.

2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1 Primeira etapa – 1ª aula e 2ª aula.

2.1.1 Tabela 1 - Questionário de verificação inicial.

Este questionário possui o intuito de verificar seus conhecimentos e concepções acerca das partículas elementares. Ao responder as afirmações você pode concordar (sim), discordar (não) ou pode afirmar não saber (não sei) nada a respeito da afirmação. O objetivo não é testar os seus conhecimentos sobre o assunto, mas sim, realizar um levantamento do que é conhecido por você no início e no final do projeto.

Nome: _____ Turma: _____

| | SIM | NÃO | NÃO SEI |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|---------|
| 1. O átomo é a menor estrutura conhecida e, portanto, é indivisível. | | | |
| 2. Toda matéria comum é formada por <i>quarks up, down</i> e elétrons. | | | |
| 3. A antimatéria é ficção científica e não um fato científico. | | | |
| 4. O elétron é composto por partículas ainda menores. | | | |
| 5. A força eletromagnética é responsável por gerar a corrente elétrica. | | | |
| 6. O trabalho feito nos aceleradores nos ajuda a compreender o universo. | | | |
| 7. Das forças fundamentais da natureza, a gravidade é a mais forte. | | | |
| 8. Toda a matéria conhecida é composta de <i>léptons e quarks</i> . | | | |
| 9. Existem aceleradores de partículas no Brasil. | | | |
| 10. Os acelerados de partículas podem criar buracos negros. | | | |
| 11. Os prótons e nêutrons são compostos por <i>quarks</i> . | | | |
| 12. O <i>Bóson de Higgs</i> é quem “da massa” a todas as outras partículas. | | | |
| 13. As partículas originadas no <i>Big Bang</i> ainda estão presentes na Terra. | | | |
| 14. <i>Quarks e hádrons</i> são partículas elementares. | | | |
| 15. A força fraca é responsável pela atração gravitacional. | | | |

2.2 Segunda etapa - 3ª aula e 4ª aula.

2.2.1 Vídeos sobre o *Big Bang* e a evolução do universo.

O vídeo abaixo apresenta uma explanação sobre o que foi o *Big Bang*, e o que ocorreu nos primeiros instantes de formação do universo.

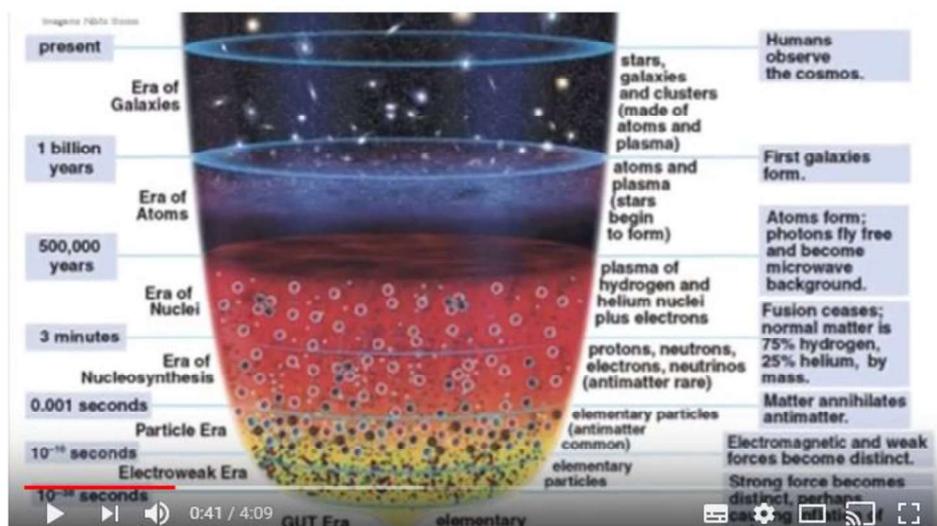
Figura 1 – Imagem do vídeo sobre o que foi o *Big Bang*.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=CH24yfMrA94>

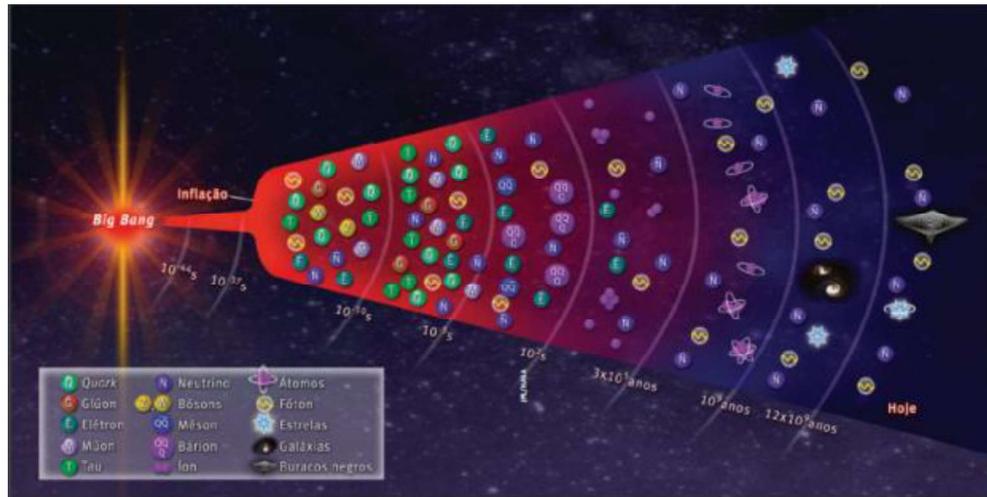
O vídeo abaixo apresenta uma explanação sobre a formação das primeiras partículas elementares, elementos da tabela periódica e estrelas, pós *Big Bang*.

Figura 2 – Imagem do vídeo sobre formação das primeiras partículas pós *Big Bang*.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=UWRHvznxE>

Figura 3 – Infográfico sobre a evolução temporal do universo.



Fonte: <https://muralcientifico.com/2017/11/05/um-misterio-do-universo-a-antimateria/>

Solicitar aos alunos que construam mapas conceituais representando o *Big Bang*, a formação das primeiras partículas elementares, dos primeiros elementos da tabela periódica e das primeiras estrelas.

2.3 Terceira etapa – 5ª aula e 6ª aula.

2.3.1 Vídeo sobre o acelerador de partículas CERN.

O vídeo abaixo apresenta um documentário sobre o que é o acelerador de partículas CERN, bem como, o seu funcionamento, pesquisas realizadas e o seu objetivo.

Figura 4 – Imagem do vídeo sobre o acelerador de partículas CERN.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=1TONz71uDak>

2.3.2 Apresentação sobre acelerador de partículas.

A apresentação abaixo define o que é um acelerador de partículas, abordam quais são os tipos existentes, e informam quais são os principais aceleradores espalhados pelo mundo.

Figura 5 – Imagem da apresentação sobre acelerador de partículas.



Fonte: <https://prezi.com/q5ctgnqdfouf/acelerador-de-particulas/>

2.4 Quarta etapa – 7ª aula e 8ª aula.

2.4.1 Vídeo sobre partículas elementares.

O vídeo abaixo aborda assuntos relacionados ao modelo padrão e as famílias das partículas elementares.

Figura 6 – Imagem do vídeo sobre partículas elementares.

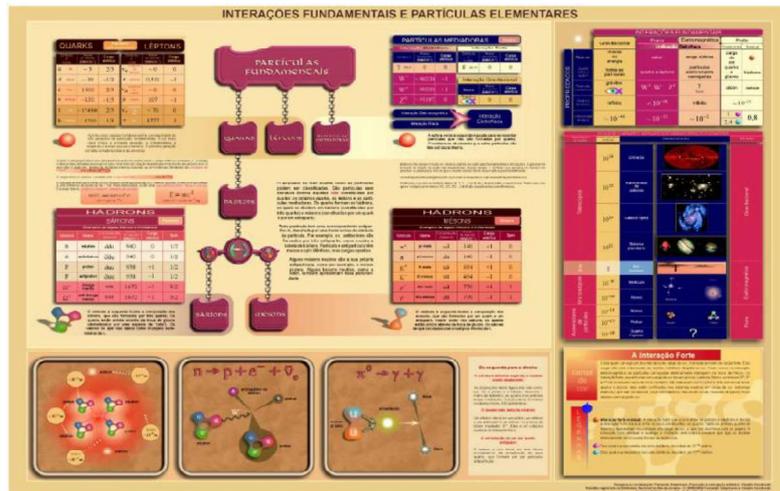


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=o7blzLLDX7Q>

2.4.2 Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola.

O pôster faz parte de um material publicado na Revista Física na Escola e foi elaborado por (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2001), com o intuito de auxiliar professores a ensinarem a Física de Partículas na escola.

Figura 7 – Imagem do pôster sobre ensino de partículas elementares.

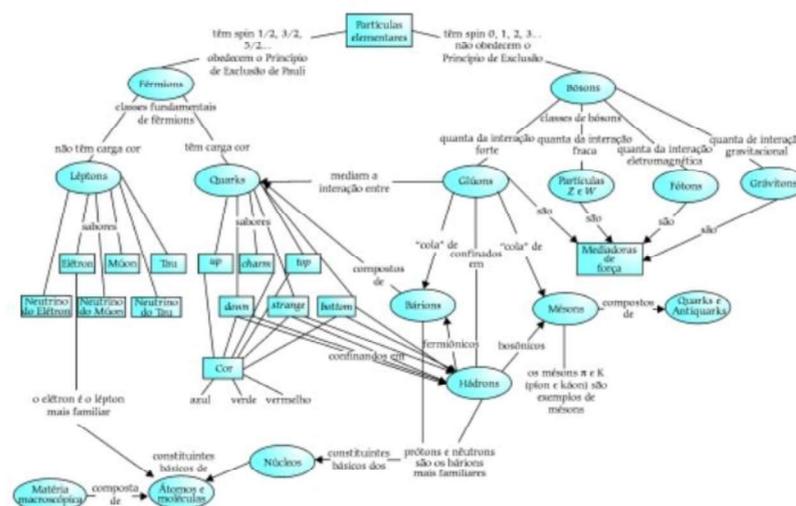


Fonte: <http://www1.fisica.org.br/fne/index.php/edicoes/category/36-volume-02-n-1-maio>

2.4.3 Partículas e interações.

O texto aborda as partículas elementares e as interações fundamentais e apresenta dois mapas conceituais elaborados por (MOREIRA, 2004). O primeiro mapa conceitual aborda as partículas elementares e o segundo apresenta as interações fundamentais.

Figura 8 – Imagem do mapa conceitual sobre partículas elementares.



Fonte: <http://www1.fisica.org.br/fne/edicoes/category/28-volume-05-n-2-outubro>

2.5 Quinta etapa – 9º aula e 10º aula.

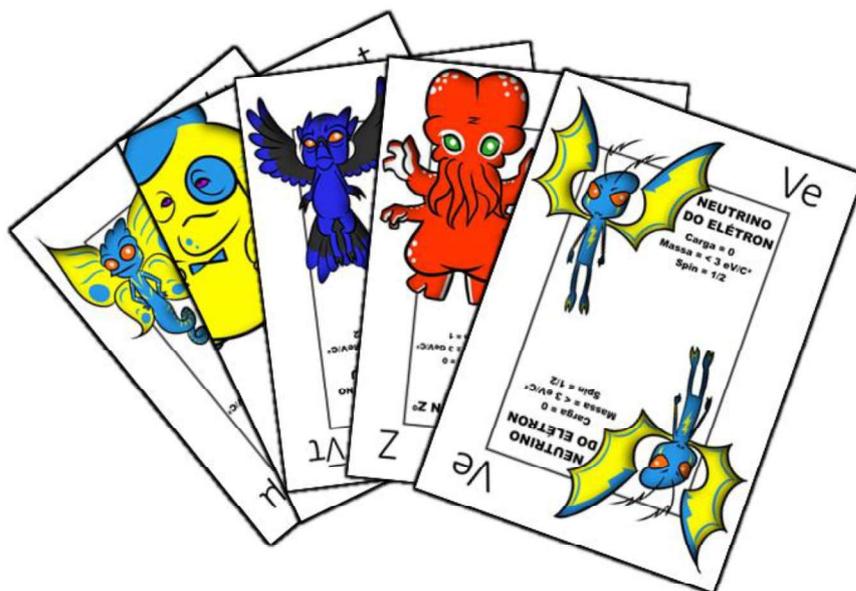
2.5.1 Jogo de cartas família das partículas.

O jogo é composto por trinta e seis cartas, sendo que, de acordo com o número de alunos participantes em cada rodada é possível associar dois ou mais baralhos.

As regras do jogo são:

- ✓ cada aluno deverá receber nove cartas em cada rodada;
- ✓ o primeiro a jogar é o aluno que se encontra após o que distribuiu as cartas;
- ✓ na próxima rodada, baralha o aluno que começou o jogo na rodada anterior;
- ✓ o aluno que receber as nove cartas primeiro, é o primeiro a pegar uma carta no monte e descartar aquela que não lhe serve;
- ✓ o próximo aluno pode pegar a carta descartada ou pegar uma no monte;
- ✓ cada aluno deverá formar trincas, respeitando a família das cartas, ou seja, *léptons* associam-se somente com *léptons*;
- ✓ ganha a rodada o aluno que formar três “trincas” primeiro;
- ✓ cada rodada vale um ponto;
- ✓ ganha o jogo o aluno que somar três pontos primeiro.

Figura 9 – Cartas do baralho de partículas.



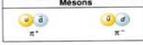
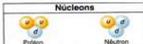
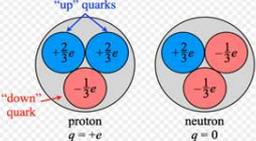
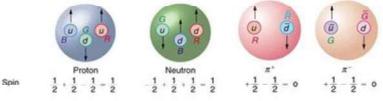
Fonte: Jesus (2018).

2.6 Sexta etapa – 11ª aula e 12ª aula.

2.6.1 Os hádrons

A tabela abaixo demonstra uma apresentação que define o que são *hádrons*, abordam quais são os tipos existentes, e informam quais são os princípios que regem sua formação.

Tabela 3–Apresentação sobre a definição e formação de *hádrons*.

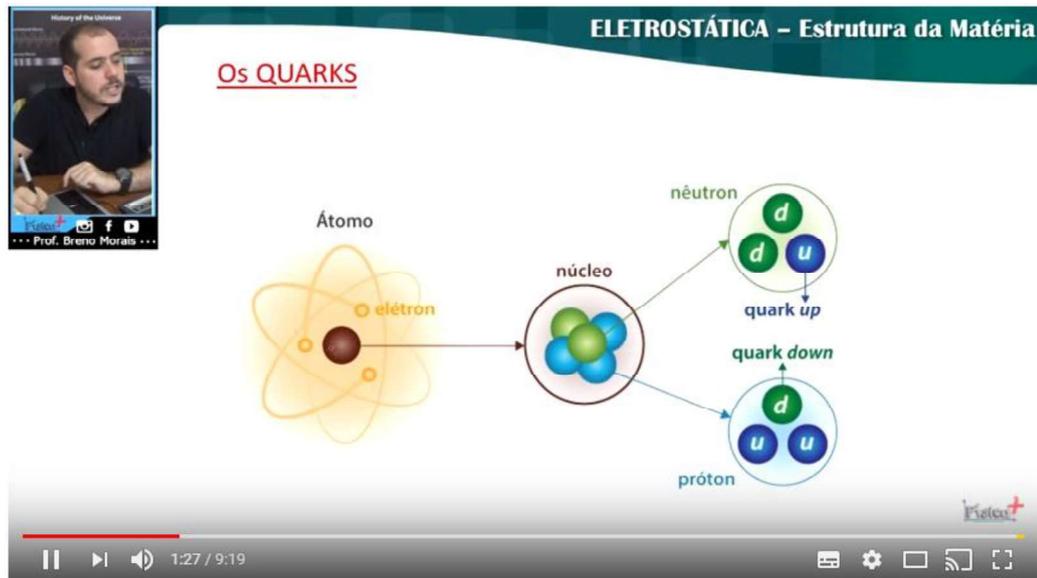
| SLIDE 01 | SLIDE 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------|-----|------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|--------------------|--|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----------------------|-----|--|----------|
| <p>Hádron ou Lépton?</p>  <p>As partículas que estão sujeitas à interação forte são chamadas de hádrons; as partículas que não estão sujeitas à interação forte são chamadas de léptons.</p> | <p>Mésons ou Bárions?</p> <p>Os hádrons podem ser subdivididos em mésons e bárions.</p> <p>Os mésons são formados por um quark e um antiquark.</p>  <p>Os bárions são formados por três quarks.</p>  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SLIDE 03 | SLIDE 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Os Quarks</p> <p>Em 1963, o físico norte-americano Murray Gell-Mann propôs um modelo para a estrutura interna dos hádrons: todos os hádrons seriam formados por partículas fundamentais, que ele denominou criativamente quarks, nome tirado do romance <i>Finnegans Wake</i>, de James Joyce. Os quarks são férmions de spin 1/2.</p> | <p>Sabores dos Quarks</p> <p>Ao todo existem seis tipos de quarks, os três propostos inicialmente (u, d, s) e mais três incluídos posteriormente, o charm (c), o bottom (b) e o top (t). Os quarks u e d aparecem na formação das partículas que constituem toda a matéria comum, prótons e nêutrons. Os demais só têm presença em hádrons mais complexos.</p>  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SLIDE 05 | SLIDE 06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Cores dos Quarks</p> <p>Cromodinâmica Quântica – QCD</p> <p>Os quarks possuem três propriedades chamadas de cores, que podem assumir os valores <i>red</i> (vermelho), <i>green</i> (verde) e <i>blue</i> (azul).</p> <table border="1" data-bbox="496 1507 611 1574"> <tr><td>Vermelho</td><td>↑ R</td></tr> <tr><td>Verde</td><td>↑ V</td></tr> <tr><td>Azul</td><td>↑ A</td></tr> </table> <p>O estudo dessas interações é chamado de cromodinâmica quântica.</p> | Vermelho | ↑ R | Verde | ↑ V | Azul | ↑ A | <p>Combinação de Quarks</p> <p>Só existem 2 possibilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 3 quarks com cores distintas; <table border="0" data-bbox="986 1480 1329 1547"> <tr> <td>Próton</td> <td>u ↑</td> <td>d ↑</td> <td>Ω⁻ s ↑</td> </tr> <tr> <td></td> <td>u ↑</td> <td>d ↑</td> <td>S ↑</td> </tr> <tr> <td></td> <td>d ↑</td> <td>u ↑</td> <td>S ↑</td> </tr> </table> ✓ Quark e antiquark com cores e anticores correspondentes. <table border="0" data-bbox="994 1585 1137 1630"> <tr> <td>Mésons π⁺</td> <td>u ↑</td> </tr> <tr> <td></td> <td>anti-d ↓</td> </tr> </table> | Próton | u ↑ | d ↑ | Ω ⁻ s ↑ | | u ↑ | d ↑ | S ↑ | | d ↑ | u ↑ | S ↑ | Mésons π ⁺ | u ↑ | | anti-d ↓ |
| Vermelho | ↑ R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verde | ↑ V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azul | ↑ A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Próton | u ↑ | d ↑ | Ω ⁻ s ↑ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | u ↑ | d ↑ | S ↑ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | d ↑ | u ↑ | S ↑ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mésons π ⁺ | u ↑ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | anti-d ↓ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SLIDE 07 | SLIDE 08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>A carga elétrica</p> <p>Uma propriedade comum aos hádrons é a de apresentarem cargas elétricas inteiras, uma vez que são combinações de quarks, com cargas elétricas individuais fracionárias.</p>  | <p>O spin</p> <p>Os bárions possuem spin fracionário (1/2, 3/2,...). Já os mésons possuem spin inteiro (0, 1, 2,...).</p>  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Jesus (2018).

2.6.2 Sobre a partícula elementar *quark*.

O vídeo abaixo aborda assuntos relacionados aos *quarks*, tais como sabores e cores e a força nuclear forte.

Figura 10 – Imagem do vídeo sobre os *quarks*.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=bkaA24pdxp0>

Figura 11 – Imagem do vídeo sobre o *quarkup*.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=BaY9vkzZCcs>

2.6.3. Exercícios em grupo - a formação dos *hádrons*.

Nomes: _____ Turma: _____

1) A tabela abaixo apresenta o valor da carga elétrica desses *quarks* em termos da carga elétrica elementar e .

| | <i>Quark up</i> | <i>Quark down</i> |
|----------------|-----------------|-------------------|
| Carga elétrica | $+ 2/3 e$ | $- 1/3 e$ |

De acordo com a tabela, os *quarks* que constituem os prótons e os nêutrons são? Justifique.

2) De acordo com o modelo atômico atual, os prótons e os nêutrons não são mais considerados partículas elementares. Eles são formados por partículas ainda menores, os *quarks*. Admite-se a existência de 12 *quarks* na natureza, mas só 2 deles formam prótons e os nêutrons, o *quark up* (u), de carga elétrica positiva, igual a $2/3$ do valor da carga elétrica elementar, e o *quark down* (d), de carga elétrica negativa, igual a $- 1/3$ do valor da carga elétrica elementar. Assinale a alternativa que apresenta a composição do próton e do nêutron.

- a) (I) d, d, d (II) u, u, u b) (I) d, d, u (II) u, u, d c) (I) d, u, u (II) u, d, d
d) (I) u, u, u (II) d, d, d e) (I) d, d, d (II) d, d, d

3) No estudo dos raios cósmicos são observados *mésons* como os chamados *píons*. Considere um *píon* formado por um *quark up* e um *antiquark down*. Dessa forma, a carga elétrica desse *píon* é de? Demonstre seu raciocínio.

4) As combinações *quark/antiquark* das partículas A e B são: A ($\bar{s}d$) e B (uds). Qual é a carga elétrica de cada partícula, expressa em função da carga elétrica elementar e ?

2.7 Sétima etapa – 13ª aula e 14ª aula.

2.7.1 Jogo de cartas *Hádrons*.

Aplicação do segundo jogo de cartas sobre o a constituição dos *hádrons*, através dos *quarks*, obedecendo a conservação da carga elétrica.

O jogo é composto por:

- ✓ trinta e seis cartas *quarks*;
- ✓ dado de partículas *mésons*;
- ✓ dado de partículas *bárions*;

As regras do jogo são:

- ✓ os alunos podem jogar individualmente ou formando duplas;
- ✓ o professor arremessa um dado de cada vez, podendo ser o dado *méson* ou *bárion*;
- ✓ o jogador deve formar a partícula sorteada respeitando a conservação da carga elétrica;
- ✓ o jogador pode consultar a tabela com os componentes *quarks* de cada partícula;
- ✓ cada aluno deverá receber nove cartas em cada rodada;
- ✓ o primeiro a jogar é o aluno que se encontra após o que distribuiu as cartas;
- ✓ na próxima rodada, baralha o aluno que começou o jogo na rodada anterior;
- ✓ o aluno que receber as nove cartas primeiro, é o primeiro a pegar uma carta no monte e descartar aquela que não lhe serve;
- ✓ o próximo aluno pode pegar a carta descartada ou pegar uma no monte;
- ✓ ganha a rodada o aluno que primeiro formar a partícula sorteada no dado;
- ✓ cada rodada vale um ponto;
- ✓ ganha o aluno ou dupla que somar três pontos primeiro.

A critério do professor, novas regras e formas de jogar podem ser criadas, uma vez que o jogo é versátil.

2.8 Oitava etapa – 15ª aula e 16ª aula.

2.8.1 Tabela 4 - Questionário de verificação final.

Este questionário possui o intuito de verificar seus conhecimentos e concepções acerca das partículas elementares. Ao responder as afirmações você pode concordar (sim), discordar (não) ou pode afirmar não saber (não sei) nada a respeito da afirmação. O objetivo não é testar os seus conhecimentos sobre o assunto, mas sim, realizar um levantamento do que é conhecido por você no início e no final do projeto.

Nome: _____ Turma: _____

| | SIM | NÃO | NÃO SEI |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|---------|
| 1. O átomo é a menor estrutura conhecida e, portanto, é indivisível. | | | |
| 2. Toda matéria comum é formada por <i>quarks up</i> e <i>down</i> e elétrons. | | | |
| 3. A antimatéria é ficção científica e não um fato científico. | | | |
| 4. O elétron é composto por partículas ainda menores. | | | |
| 5. A força eletromagnética é responsável por gerar a corrente elétrica. | | | |
| 6. O trabalho feito nos aceleradores nos ajuda a compreender o universo. | | | |
| 7. Das forças fundamentais da natureza, a gravidade é a mais forte. | | | |
| 8. Toda a matéria conhecida é composta de <i>léptons</i> e <i>quarks</i> . | | | |
| 9. Existem aceleradores de partículas no Brasil. | | | |
| 10. Os acelerados de partículas podem criar buracos negros. | | | |
| 11. Os prótons e nêutrons são compostos por <i>quarks</i> . | | | |
| 12. O <i>Bóson de Higgs</i> é quem “da massa” a todas as outras partículas. | | | |
| 13. As partículas originadas no <i>Big Bang</i> ainda estão presentes na Terra. | | | |
| 14. <i>Quarks</i> e <i>hádrons</i> são partículas elementares. | | | |
| 15. A força fraca é responsável pela atração gravitacional. | | | |

2.8.2 Pesquisa de opinião.

Este questionário possui o intuito de avaliar o nível de satisfação com o desenvolvimento do projeto, possibilitando assim, uma melhoria nos processos desenvolvidos. Informe sua opinião e contribua com o aperfeiçoamento deste projeto.

| |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Qual é o seu grau de satisfação com as atividades desenvolvidas ao longo do projeto? 1 2 3 4 5 Totalmente insatisfeito. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente satisfeito. |
| 2. As atividades desenvolvidas contribuíram de alguma forma para tornar o assunto mais interessante? 1 2 3 4 5 Não contribuíram em nada. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Contribuíram muito. |
| 3. As atividades desenvolvidas contribuíram para a aprendizagem de novos conceitos? 1 2 3 4 5 Não contribuíram em nada. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Contribuíram muito. |
| 4. Qual era o seu nível de ansiedade em relação às próximas aulas do projeto? 1 2 3 4 5 Nem um pouco ansioso. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Muito ansioso. |
| 5. As atividades desenvolvidas contribuíram para mudar sua visão sobre algum conceito abordado? 1 2 3 4 5 Não contribuíram em nada. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Contribuíram muito. |
| 6. Os jogos de cartas contribuíram para o seu entendimento sobre partículas elementares? 1 2 3 4 5 Não contribuíram em nada. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Contribuíram muito. |
| 7. Qual o seu nível de satisfação com os recursos (PowerPoint, vídeos, pôsteres, jogo de cartas) utilizados no projeto? 1 2 3 4 5 Totalmente insatisfeito. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Totalmente satisfeito. |
| 8. Você recomendaria este projeto para que outros professores de física o utiliza-se em suas aulas? 1 2 3 4 5 Não recomendaria. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Recomendaria. |
| 9. De modo geral, como você avalia este projeto? 1 2 3 4 5 Muito ruim. <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Muito bom. |
| 10. Utilize este espaço para fazer críticas, sugestões ou elogios ao projeto, ou a alguma atividade específica. |

REFERÊNCIAS

ABC da Astronomia - **Big Bang**. TV Escola. “Walmir Cardoso”. (3min 40s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=CH24yfMrA94>>. Acesso em: 20 de jun 2018.

Acelerador de partículas. “Danilo Magnavita”. Disponível em: <<https://prezi.com/q5ctgnqdfouf/acelerador-de-particulas/>>. Acesso em: 11 de jul 2018.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2ed., Rio de Janeiro: Interamericana. 625p, 1980.

Casa das ciências. **Partículas Fundamentais: O Quark Up**. (1min 45s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=BaY9vkzZC5s>>. Acesso em: 19 de set 2018.

Física mais. **Quarks, o que são?** “Breno Moraes”. (9min 19s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=bkaA24pdxp0>>. Acesso em: 15 de jul 2018.

Matéria de capa – **Cern**. “Aldo Quiroga” (29min 3s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1TOnz71uDak>>. Acesso em: 15 jul 2018.

Momento Ciência – **O Big Bang e a formação dos primeiros elementos** (Ep. 3). “Fábio Gozzo”. (4min 9s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=UWR1IvznxkE>>. Acesso em: 22 de jun 2018.

MOREIRA. *Aprendizagem Significativa: teoria y práctica*. Ed. Visor. Madrid, 2000.

_____. **Partículas e Interações**. Física na Escola. São Paulo. Vol. 5, n. 2 (out. 2004), p. 10-14, 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol5/Num2/v5n1a03.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

_____. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS**. 2011. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

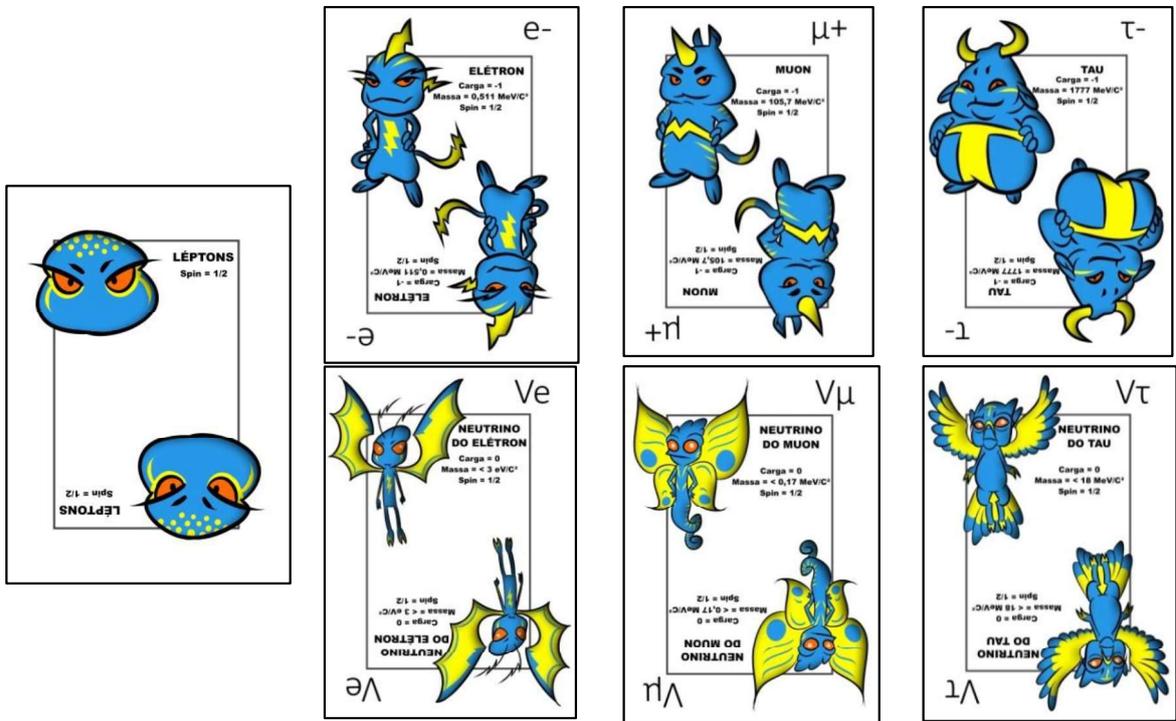
Mural Científico – **Um mistério do Universo: A antimatéria**. “Juliano Streb”. Disponível em: <<https://muralcientifico.com/2017/11/05/um-misterio-do-universo-a-antimateria/>>. Acesso em: 12 jul 2018.

O Discreto Charme das Partículas Elementares Parte 1. (9min 19s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=o7bIzLLDX7Q>>. Acesso em: 22 de ago 2018.

OSTERMANN, F. e CAVALCANTI, C.J.H. (2001). **Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola**. Física na Escola. v.2, n.1, p.13-18. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/index.php/edicoes/category/36-volume-02-n-1-maio>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

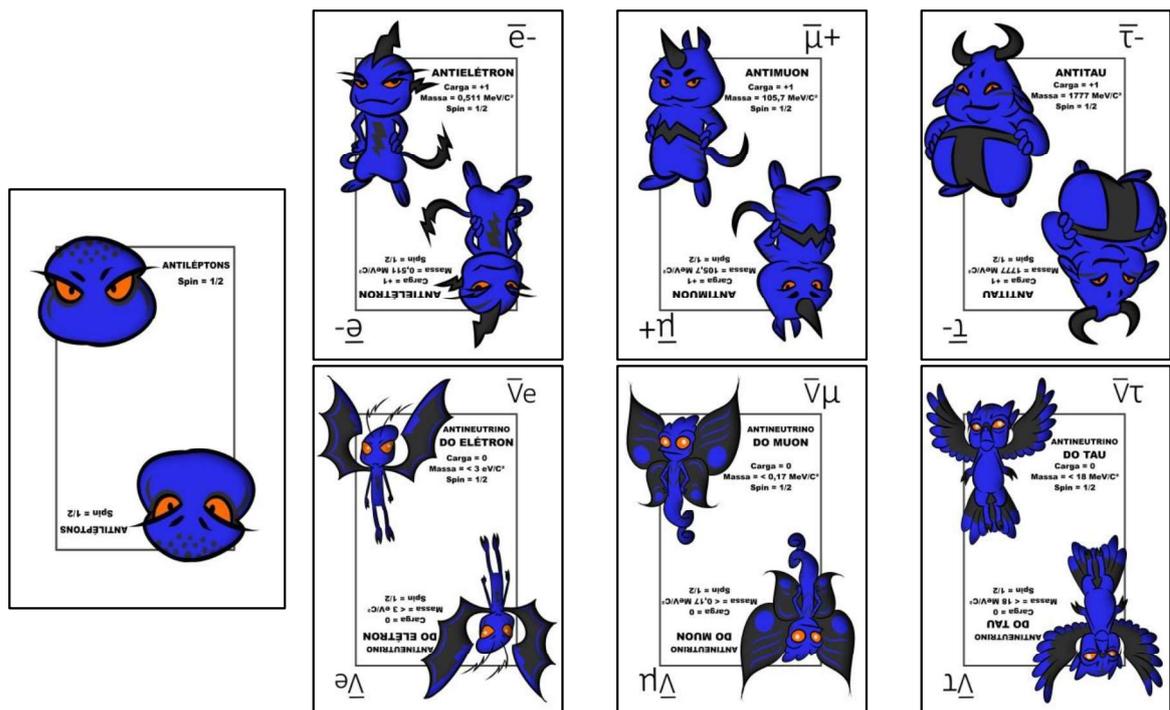
APÊNDICE A – CARTAS DO BARALHO E DADOS

Figura 12 - Cartas léptons



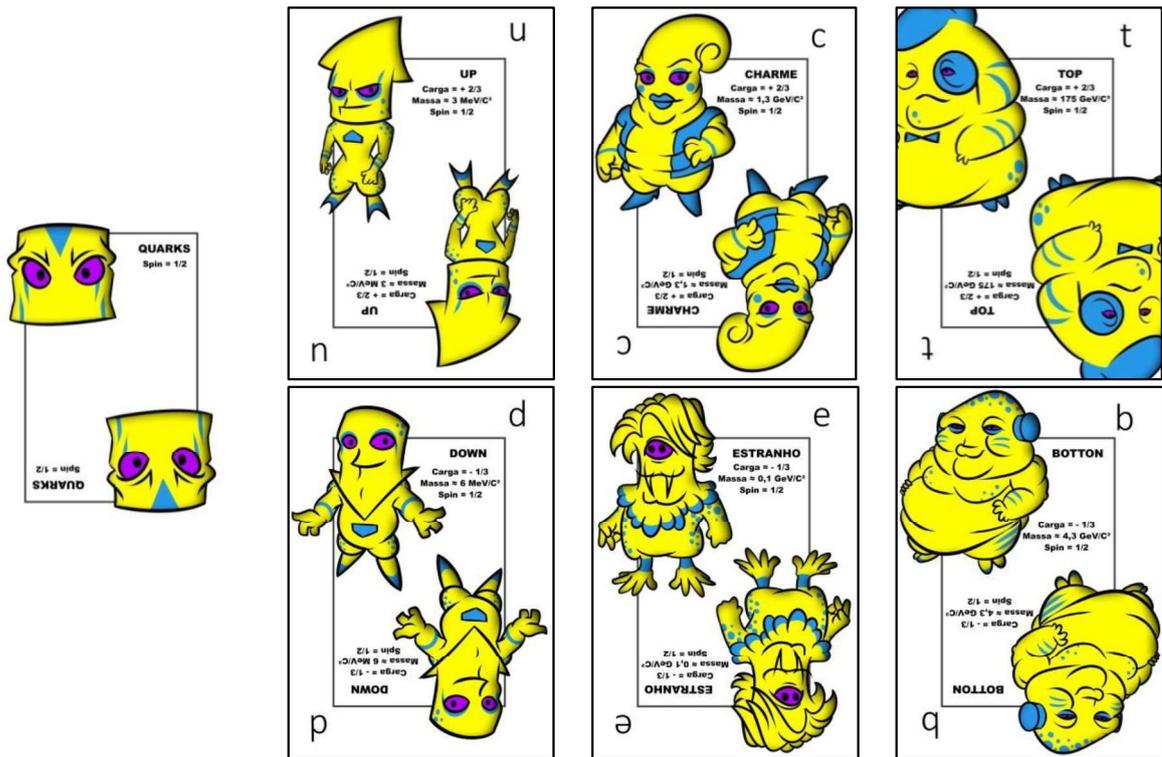
Fonte: Jesus (2018).

Figura 13 - Cartas antiléptons



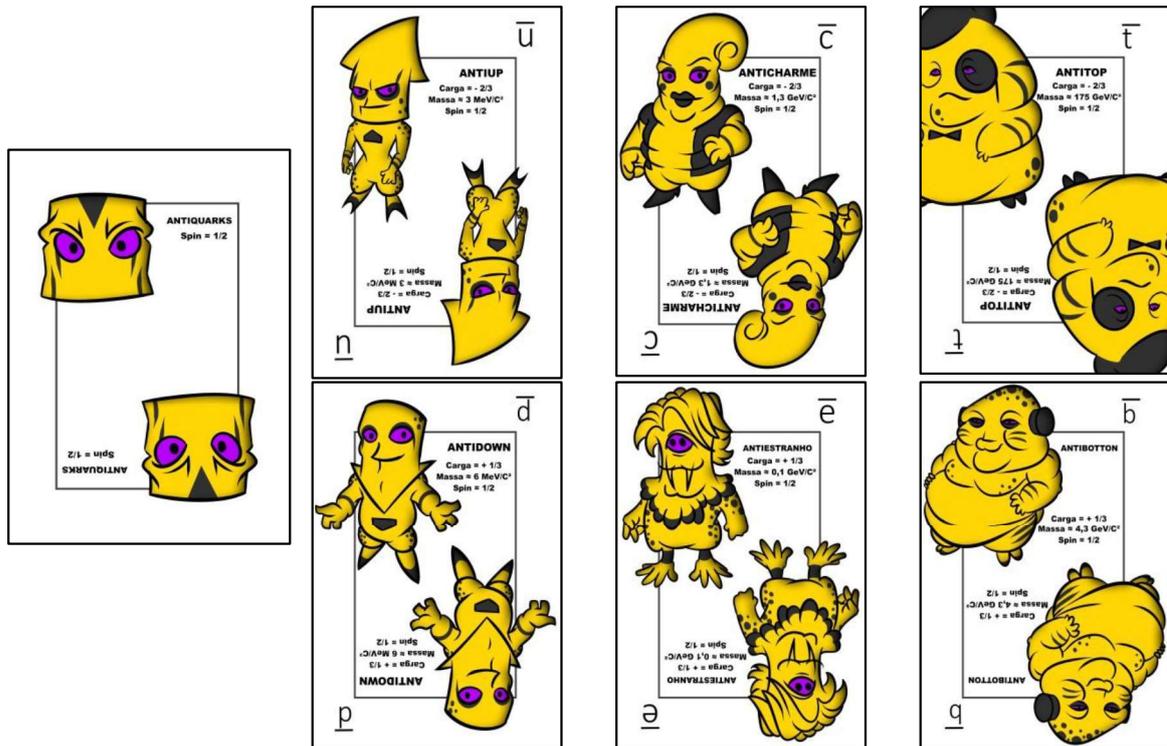
Fonte: Jesus (2018).

Figura 14 - Cartas *quarks*



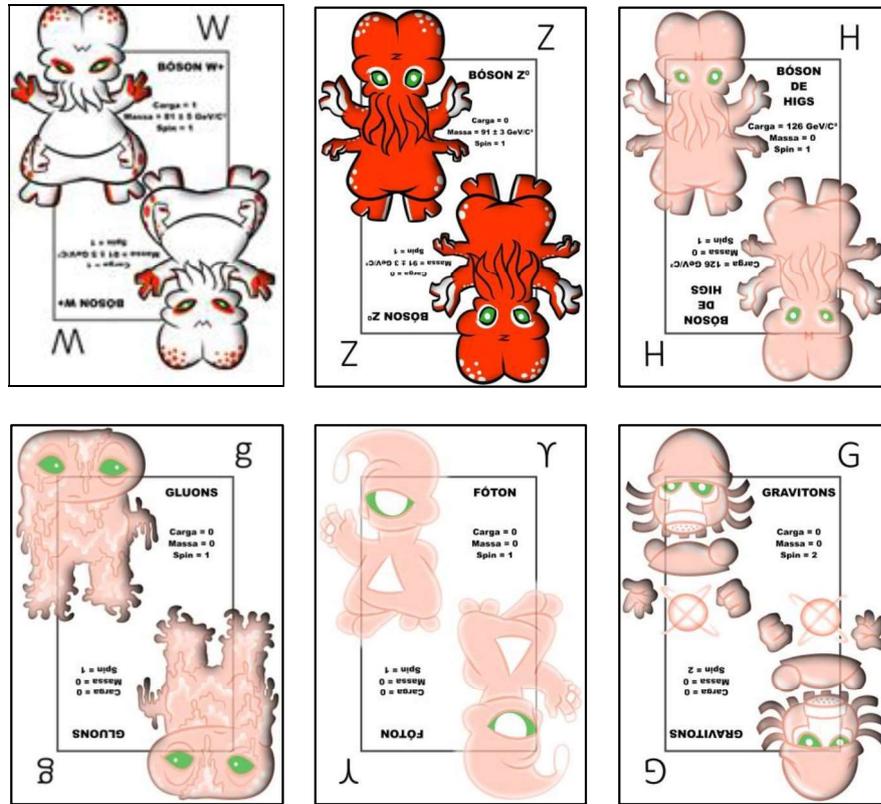
Fonte: Jesus (2018).

Figura 15 - Cartas *antiquarks*



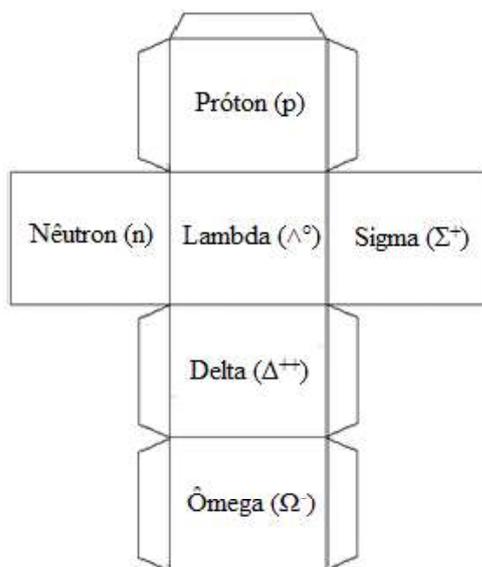
Fonte: Jesus (2018).

Figura 16 - Cartas bósons



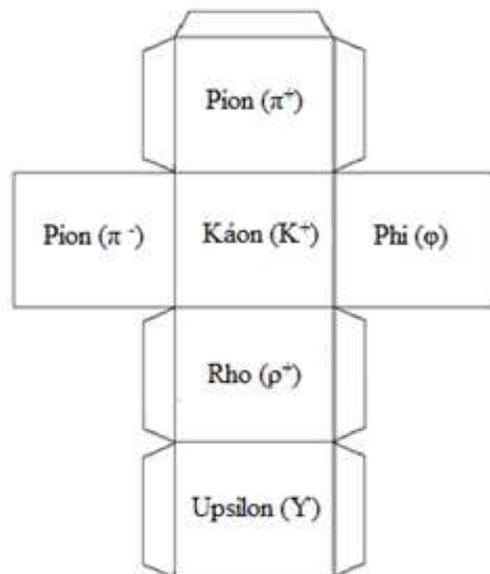
Fonte: Jesus (2018).

Figura 17 - Dadobárions



Fonte: Jesus (2018).

Dado mésons



Fonte: Jesus (2018).

APÊNDICE B – TABELA DE AUXÍLIO PARA O ALUNO

Tabela 5 – Tabela de auxílio para o aluno

| FÉRMIONS – HÁDRONS – BÁRIONS E ANTIBÁRIONS | | | | | |
|--------------------------------------------|------------|-------------------------|----------------|-----------------------------|---------------|
| Símbolo | Nome | Quarks | Carga elétrica | Massa (Gev/c ²) | Spin |
| p | próton | uud | 1 | 0,938 | $\frac{1}{2}$ |
| \bar{p} | antipróton | $\bar{u}\bar{u}\bar{d}$ | -1 | 0,938 | $\frac{1}{2}$ |
| n | nêutron | udd | 0 | 0,940 | $\frac{1}{2}$ |
| Λ^0 | lambda | uds | 0 | 1,116 | $\frac{1}{2}$ |
| Ω^{-1} | ômega | sss | -1 | 1,672 | $\frac{3}{2}$ |
| HÁDRONS – BÓSONS – MÉSONS | | | | | |
| Símbolo | Nome | Quarks | Carga elétrica | Massa (Gev/c ²) | Spin |
| π^+ | Píon | $u\bar{d}$ | +1 | 0,140 | 0 |
| K^- | Káon | $s\bar{u}$ | -1 | 0,494 | 0 |
| ρ^+ | Rhô | $u\bar{d}$ | +1 | 0,770 | 1 |
| D | D+ | $c\bar{d}$ | +1 | 1,869 | 0 |
| η_c | eta-c | $c\bar{c}$ | 0 | 2,979 | 0 |