



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

PRODUTO EDUCACIONAL

RAFAEL TERESO DE JESUS

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

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 eletron-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 AUXÍLIO 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.




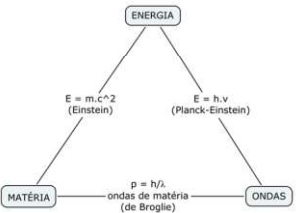
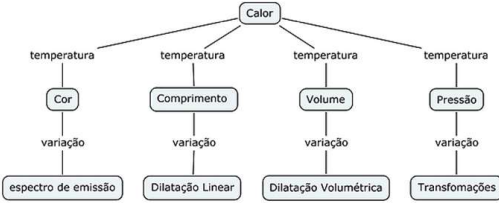
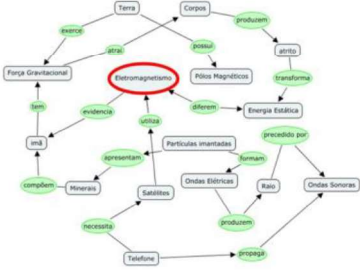


Nome: _____ Turma: _____

	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.			

2.1.2 Elaboração de Mapas Conceituais.

A tabela a seguir demonstra uma apresentação que aborda o que são mapas conceituais, bem como os passos para se construir um.

Tabela 2 - Apresentação sobre a definição e construção de mapas conceituais.

SLIDE 01	SLIDE 02
<p>O que são os Mapas Conceituais?</p>  <p>São recursos didáticos que representam a informação de forma visual.</p>	<p>Estratégias para construção</p> <ul style="list-style-type: none"> Fazer a leitura do texto de estudo para a compreensão geral. 
<p>SLIDE 03</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificar os conceitos mais importantes 	<p>SLIDE 04</p> <ul style="list-style-type: none"> Agrupar os conceitos de acordo com uma lógica semântica e organizá-los em uma estrutura hierárquica, do mais geral para o mais específico. 
<p>SLIDE 05</p> <ul style="list-style-type: none"> Ligar os conceitos com palavras ou frases de ligação que explicam a relação entre eles, prestando atenção para que os conceitos não sejam repetidos. 	<p>SLIDE 06</p> <ul style="list-style-type: none"> Procurar ramificar os galhos/pernas a cada nível hierárquico, não se preocupando com a simetria do mapa. 
<p>SLIDE 07</p> <ul style="list-style-type: none"> Procurar estabelecer ligações cruzadas, isto é, ligar conceitos de galhos diferentes. 	<p>SLIDE 08</p> <ul style="list-style-type: none"> Avaliar o seu próprio Mapa Conceitual lendo-o em voz alta, prestando atenção à clareza dos conceitos, ao significado expressado pelas ligações estabelecidas entre os conceitos, bem como ao fluxo das ideias. 

Fonte: Jesus (2018).

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.

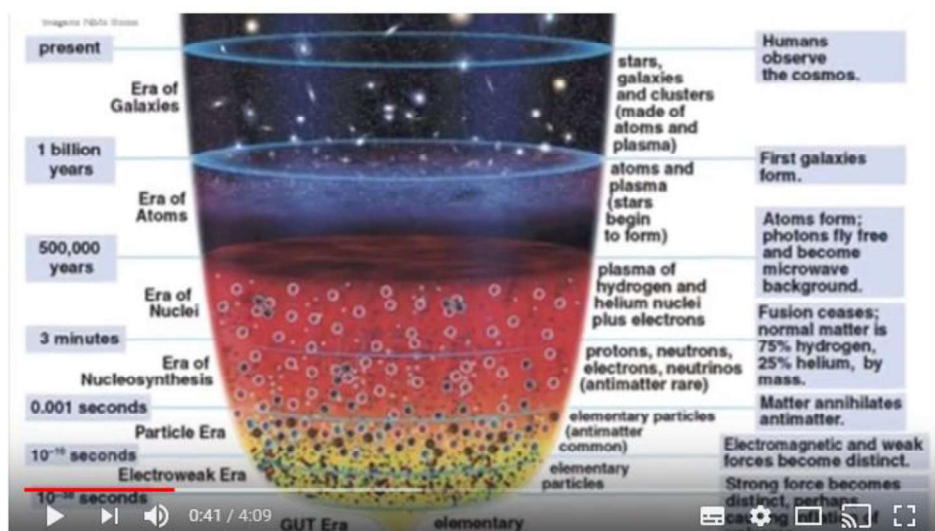
Figura 1 – Imagem do vídeo sobre o que foi o *Big Bang*.



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

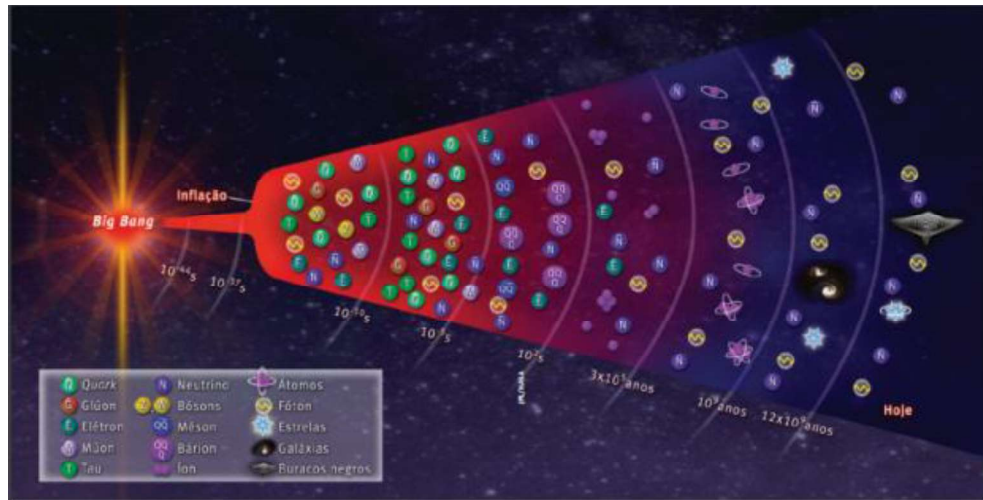
O vídeo abaixo apresenta uma explanação sobre a formação das primeiras partículas elementares, elementos da tabela periódica e estrelas, pós *Big Bang*.

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.

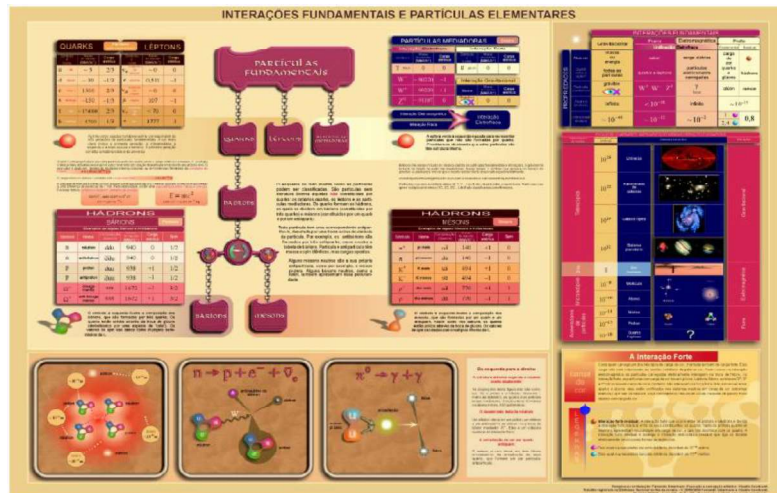


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=o7blzLLDX7Q>

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.

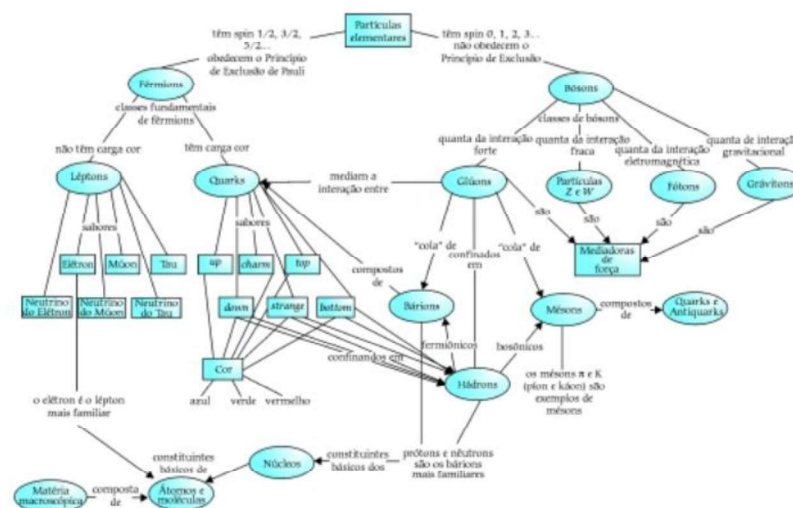


Fonte: <http://www1.fisica.org.br/fne/index.php/edicoes/category/36-volume-02-n-1-maio>

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.

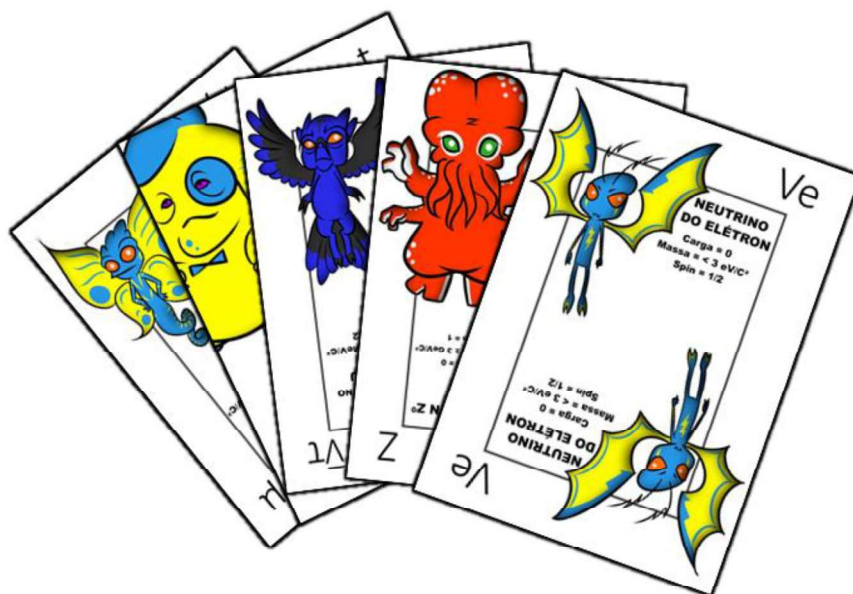
2.5.1 Jogo de cartas família das partículas.

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.







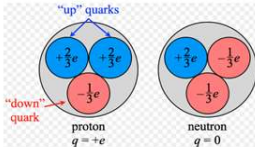
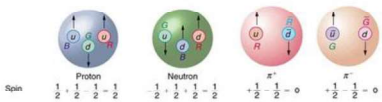
Fonte: Jesus (2018).

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*.

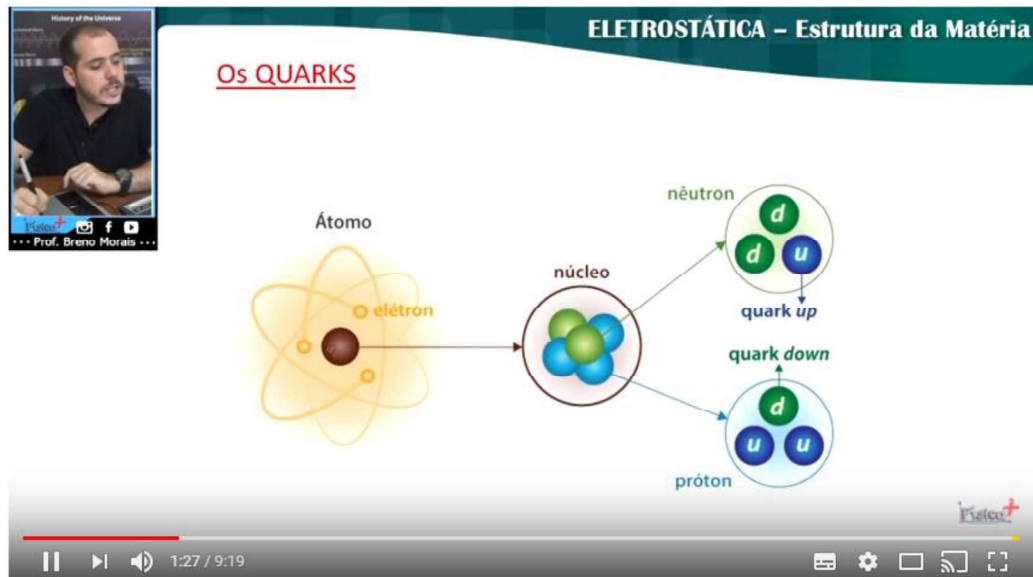
SLIDE 01	SLIDE 02						
<p>Hádron ou Lépton?</p>  <p>As partículas que estão sujeitas à interação forte são chamadas de hádrons; as partículas que não estão sujeitas à interação forte são chamadas de léptons.</p>	<p>Mésons ou Bárions?</p> <p>Os hádrons podem ser subdivididos em mésons e bárions.</p> <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 $\frac{1}{2}$.</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="491 1503 608 1570"> <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; <p>Próton $u \uparrow, u \uparrow, d \uparrow$ Neutron $d \uparrow, d \uparrow, u \uparrow$ Ω^- $s \uparrow, s \uparrow, s \uparrow$</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Quark e antiquark com cores e anticores correspondentes. <p>Mésons π^+ $u \uparrow, \bar{d} \downarrow$</p>
Vermelho	↑ R						
Verde	↑ V						
Azul	↑ A						
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 ($1/2, 3/2, \dots$). Já os mésons possuem spin inteiro ($0, 1, 2, \dots$).</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 upedown</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.			

2.8.2 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=UWRllvznxE>>. 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.

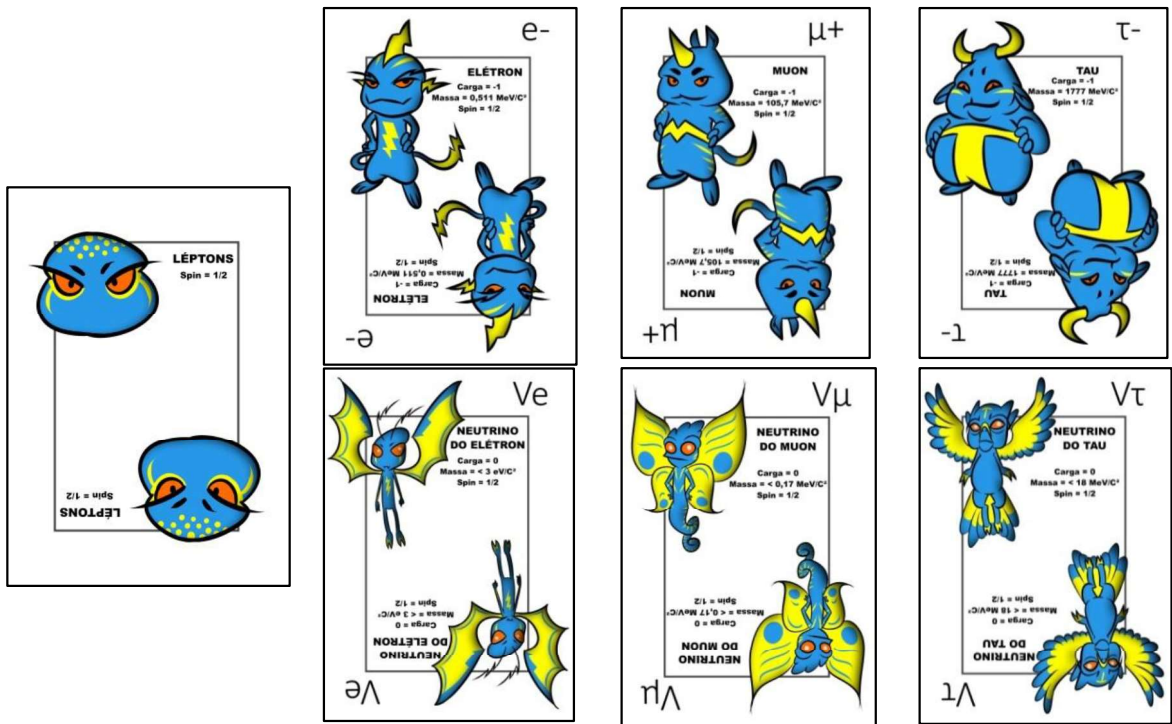
Mural Científico – **Um mistério do Universo: A antimatéria**. “Juliano Streb”. Disponível em: <<https://muralcientifico.com/2017/11/05/um-misterio-do-universo-a-antimateria/>>. Acesso em: 12 jul 2018.

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.

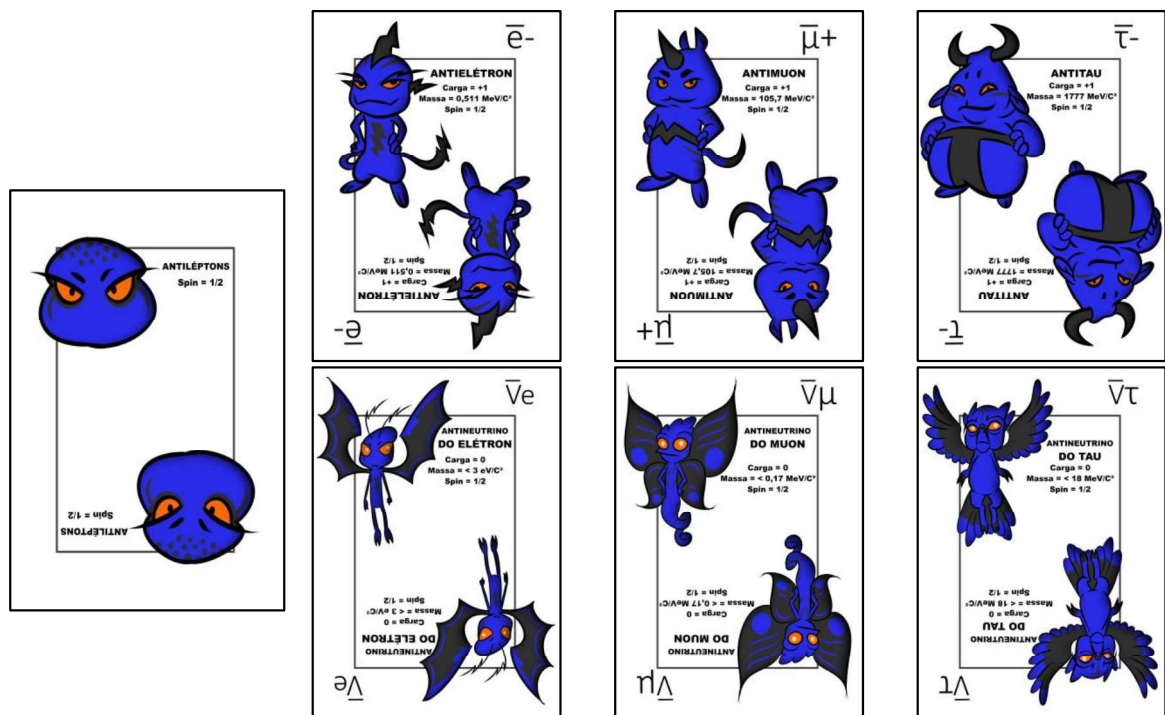
APÊNDICE A – CARTAS DO BARALHO E DADOS

Figura 12 - Cartas léptons



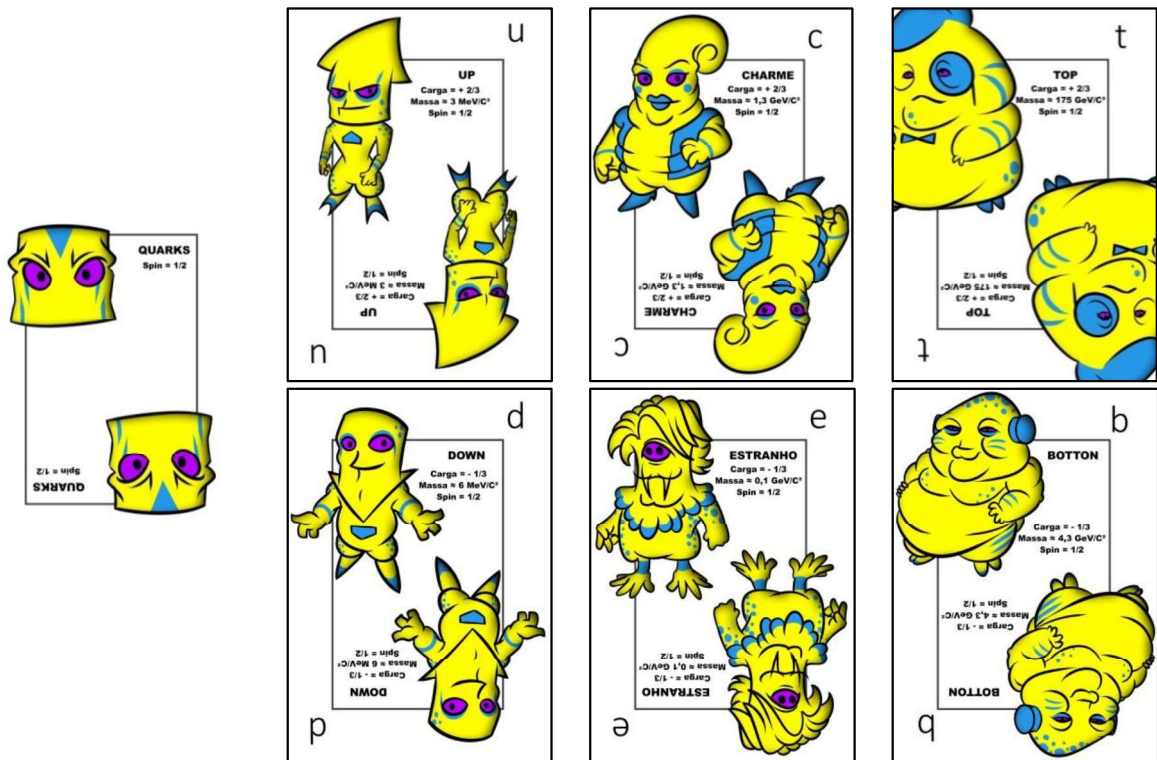
Fonte: Jesus (2018).

Figura 13 - Cartas antiléptons



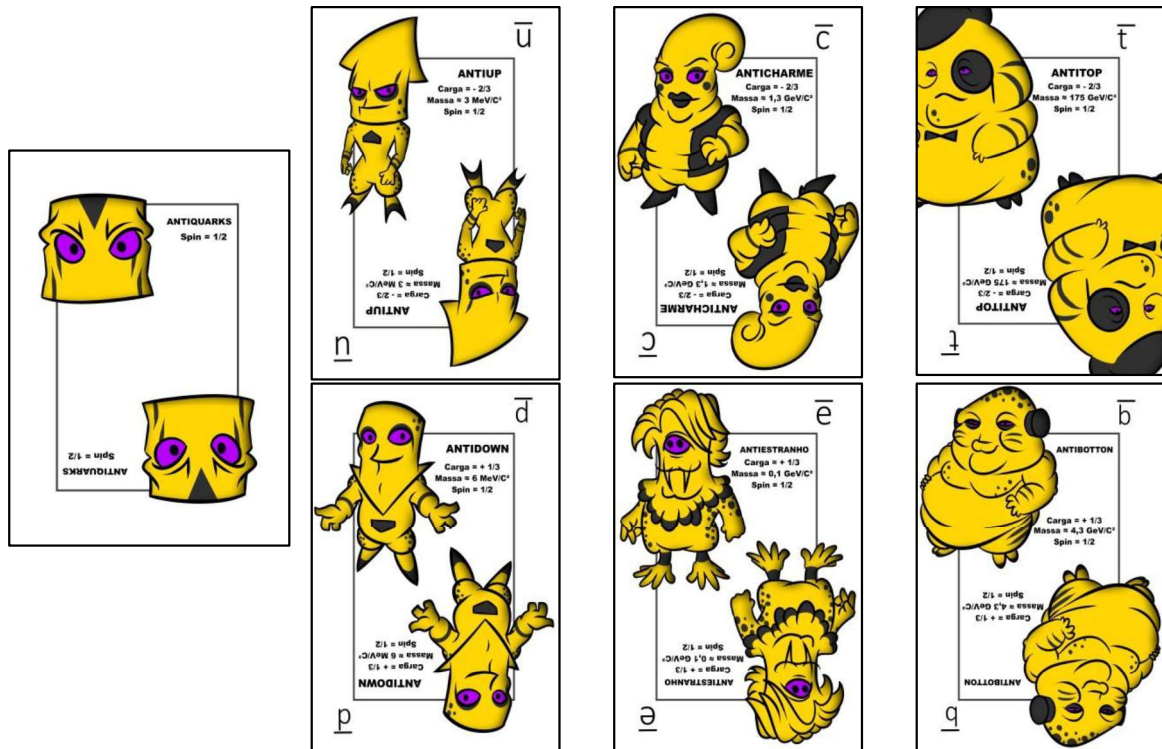
Fonte: Jesus (2018).

Figura 14 - Cartas *quarks*



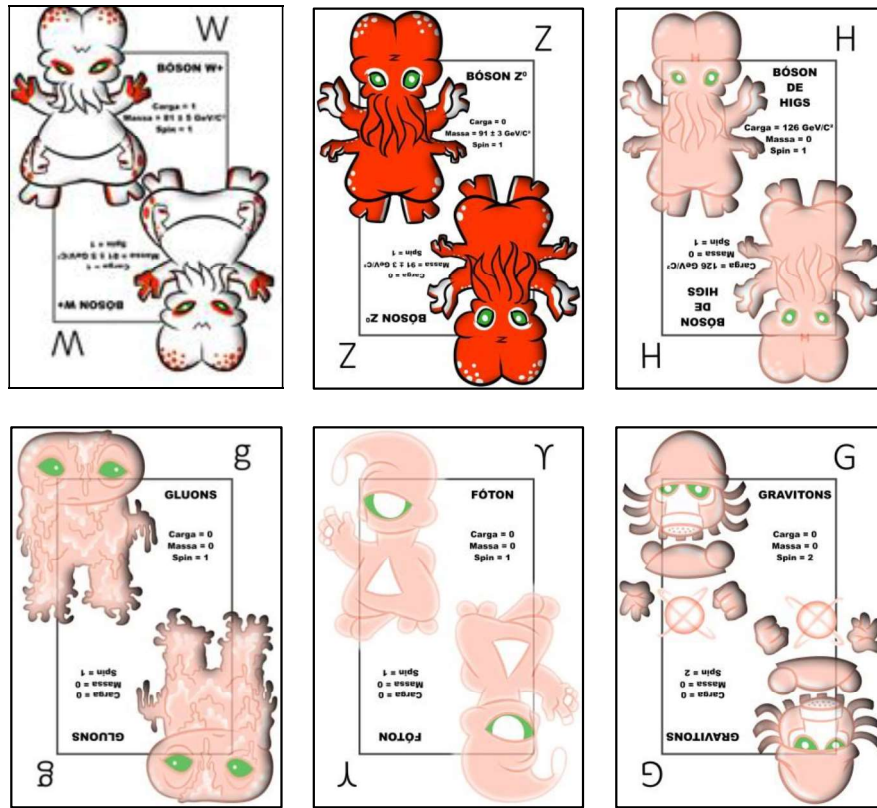
Fonte: Jesus (2018).

Figura 15 - Cartas *antiquarks*



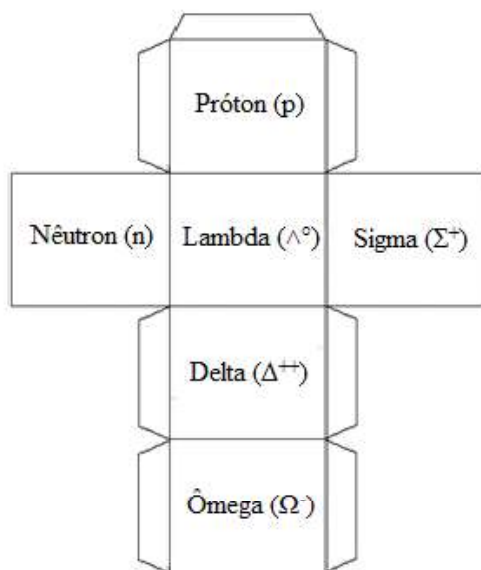
Fonte: Jesus (2018).

Figura 16 - Cartas bósons



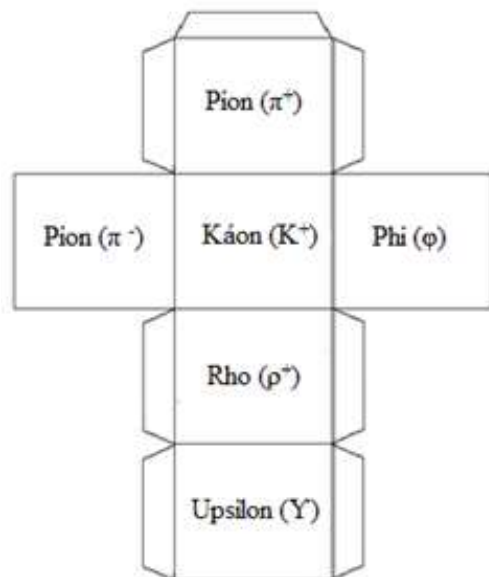
Fonte: Jesus (2018).

Figura 17 - Dadobárions



Fonte: Jesus (2018).

Dado mésons



Fonte: Jesus (2018).

APÊNDICE B – TABELA DE AUXÍLIO PARA O ALUNO

Tabela 5 – Tabela de auxilio 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