

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, CAMPUS CARIACICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**MAIK LEBARCK CALIARI**

**FÍSICA DE PARTÍCULAS: UMA  
ABORDAGEM LÚDICA COM USO DE JOGO  
DE TABULEIRO**

Cariacica

2018

**MAIK LEBARCK CALIARI**

**FÍSICA DE PARTÍCULAS: UMA  
ABORDAGEM LÚDICA COM USO DE JOGO  
DE TABULEIRO**

Dissertação de Mestrado em Ensino de Física, apresentado à Coordenadoria do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Wesley Spalenza

Cariacica

2018

(Biblioteca do *campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

C153f Caliari, Maik Lebarck

Física de partículas: uma abordagem lúdica com uso de jogo de tabuleiro /  
Maik Lebarck Caliari – 2018.

112 f. : il.; 30 cm

Orientador: Wesley Spalenza

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de  
Pós-graduação em Ensino de Física, 2017.

1. Aprendizagem significativa – Jogos de tabuleiro. 2. Física moderna. 3.  
Partículas elementares. I. Spalenza, Wesley. II. Instituto Federal do Espírito  
Santo – Campus Cariacica. III. Sociedade Brasileira de Física. IV. Título.

CDD: 530

**MAIK LEBARCK CALIARI**

**FÍSICA DE PARTÍCULAS: UMA  
ABORDAGEM LÚDICA COM USO DE  
JOGO DE TABULEIRO**

Dissertação de Mestrado em Ensino de Física apresentado à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CAMPUS CARIACICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**"FÍSICA DE PARTÍCULAS: UMA ABORDAGEM LÚDICA COM USO DE JOGO  
DE TABULEIRO"**

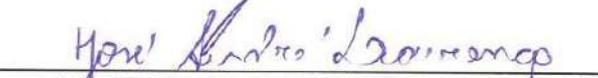
**Maik Lebarck Caliarí**

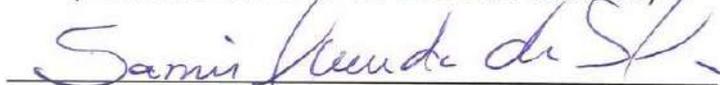
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, campus Cariacica como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

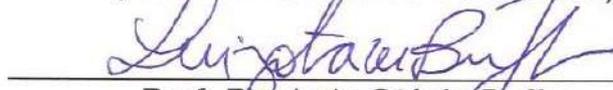
Aprovada em 14 de Dezembro de 2018.

**Comissão Examinadora**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Wesley Spalenza  
(Orientador PPGFis/IFES)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jose André Lourenço  
(Membro Externo UFES/São Mateus)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Samir Lacerda da Silva  
(Membro Interno PPGFIS/IFES)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Otávio Buffon  
(Membro Interno PPGFIS/IFES)

## **DECLARAÇÃO DO AUTOR**

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que o presente Mestrado pode ser parcialmente utilizado desde que se faça referência à fonte e aos autores.

Maik Lebarck Caliani

Cariacica, em 30 de Novembro de 2018

### ***Dedicatória.***

*Dedico esse material primeiramente a Deus, que me deu força e perseverança, e não deixou que eu desistisse nos momentos em que fraquejei.*

*À minha família, um apoio sem o qual não teria conseguido concluir esta obra.*

*Agradeço ao meu orientador Wesley Spalenza que me ajudou a construir e escrever esse projeto, à CAPES pelo apoio financeiro e ao IFES por essa oportunidade, a qual esperava há muito tempo.*

## **RESUMO**

Esse trabalho traz uma metodologia de ensino que busca o uso de jogo de tabuleiro para o aprendizado de física de partículas elementares no ensino médio. A metodologia do produto baseia-se na aprendizagem significativa sendo aplicado no ensino médio da rede pública do estado do Espírito Santo nas turmas da primeira série e, com o auxílio de mapas conceituais, foram feitas as análises de evidências um possível aprendizado. O produto busca, no conteúdo proposto, um produto lúdico para que os alunos tenham uma disposição para aprender.

*Palavras-chave: Aprendizagem significativa, jogos de tabuleiro, física moderna, partículas elementares*

## **ABSTRACT**

This work presents a teaching methodology that seeks the use of board games for the learning of elementary particle physics in high school. In this way, a didactic game was developed, which has a "meaningful learning methodology". The game was applied in the high school of the public network of the state of Espírito Santo in the classes of the first series and, with the help of conceptual maps, analyzes of evidences of learning were made. The product seeks, in the proposed content, dynamics for meaningful learning, thus, in addition to teaching the students, the classes become more fun and ludic. .

*Keywords: Meaningful learning, Board games, modern physics, elementary particles.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1–	Tabela de partículas elementares do modelo padrão simplificada. . . .	24
Figura 2–	Tabela de partículas e alguns dados tirados do livro (PIETROCOLA et al., 2018) . . . . .	25
Figura 3–	Tabela de partículas e alguns dados tirados do livro (PIETROCOLA et al., 2018) . . . . .	26
Figura 4–	Primeiro esboço de cartas das partículas elementares . . . . .	28
Figura 5–	Primeiro esboço das cartas dos Bárions e do tabuleiro . . . . .	28
Figura 6–	Cartas modelo das Partículas elementares: Vemos na figura do lado esquerdo o esboço inicial e no lado direito vemos a carta já com um design mais elaborado . . . . .	30
Figura 7–	Cartas Modelo dos Hádrons: Essas cartas contém as informação de como formar cada bárion (Quantidades e quais partículas serão necessários.) . . . . .	31
Figura 8–	Carta Modelo dos Átomos: Essa carta contém as informações de qual átomo ela representa, como formá-la, seu símbolo e a quantidade de pontos que irá ganhar quando forma-la. . . . .	31
Figura 9–	Tabuleiro inicial: Tabuleiro que foi usado inicialmente com esboço . .	32
Figura 10–	Pontuação do jogo: Onde se encontra o quadrado branco na figura estará o valor de Nobel's que ela vale, posteriormente esse sistema de pontuação foi substituído por um tabuleiro onde contabiliza os pontos, não mais sendo contabilizado nas cartas. . . . .	33
Figura 11–	Fotos tirada do teste do jogo . . . . .	33
Figura 12–	Marcadores que substituem as cartas de bárions e átomos servindo para marcar os nos tabuleiros . . . . .	34
Figura 13–	Tabuleiro de Cartas . . . . .	34
Figura 14–	Tabuleiro com a modificação de cartas para marcadores . . . . .	35

Figura 15–	Tabuleiro de pontos do lado direito da imagens que tem objetivo contabilizar os pontos e marcadores para utilizar no tabuleiro de pontos do lado direito . . . . .	36
Figura 16–	Esquema de Aulas . . . . .	38
Figura 17–	Quantidade de marcadores por grupo. . . . .	39
Figura 18–	Exemplo do mapa construído em sala de aula com o tema central <i>Árvore</i> . . . . .	40
Figura 19–	Mapa feito em sala com alunos utilizando o cmap tools . . . . .	41
Figura 20–	Mapa teste. Este mapa foi feito por uma aluna que descreveu suas características e usou bem os verbos de ligação . . . . .	43
Figura 21–	Mapa 1 com tema: física de partículas elementares . . . . .	45
Figura 22–	Carta modelo da partícula elementar Quark . . . . .	46
Figura 23–	Tabelas 1 para construir o baralho: nessa tabela consta a quantidade de cartas e os dados necessário para o preenchimento das cartas de quarks . . . . .	47
Figura 24–	Tabelas 2 para construir o baralho: nessa tabela consta a quantidade de cartas e os dados necessário para o preenchimento das cartas de Léptons . . . . .	47
Figura 25–	Mapa 2 com tema "física de partículas elementares" . . . . .	50
Figura 26–	Teste de satisfação. Na escala crescente temos: muito insatisfeito, insatisfeito, neutro, satisfeito e muito satisfeito. . . . .	52
Figura 27–	Mapa 3 com tema "física de partículas elementares" . . . . .	53
Figura 28–	Mapas como uma boa construção, contendo os conceitos, verbos de ligação e uma boa estrutura. . . . .	55
Figura 29–	Mapas ruins na construção, contendo conceitos, verbos de ligação e estrutura aplicados de forma a não consistente com mapas conceituais. . . . .	56
Figura 30–	Nuvem de palavras dos mapas iniciais turma 1 . . . . .	57
Figura 31–	Nuvem de palavras dos mapas iniciais turma 2 . . . . .	57
Figura 32–	Nuvem de palavras dos 2º mapas turma 1 . . . . .	58
Figura 33–	Nuvem de palavras dos 2º mapas turma 2 . . . . .	59
Figura 34–	Nuvem de palavras dos 3º mapas turma 1 . . . . .	60
Figura 35–	Nuvem de palavras dos 3º mapas turma 2 . . . . .	60

Figura 36–	Gráfico obtido pelo teste de satisfação. . . . .	61
Figura 37–	Quantidade de marcadores por grupo. . . . .	65
Figura 38–	Quantidade de marcadores por grupo. . . . .	66
Figura 39–	Exemplo do mapa construído em sala de aula com o tema central Arvore. 68	
Figura 40–	Tabelas 1 para construir o baralho: nessa tabela consta a quantidade de cartas e os dados necessário para o preenchimento das cartas de quarks 70	
Figura 41–	Tabelas 2 para construir o baralho: nessa tabela consta a quantidade de cartas e os dados necessário para o preenchimento das cartas de Léptons 70	
Figura 42–	Carta modelo da partícula elementar Quark . . . . .	71
Figura 43–	Manual Pagina 5 . . . . .	73
Figura 44–	Manual Pagina 6 . . . . .	74
Figura 45–	Manual Pagina 7 . . . . .	75
Figura 46–	Manual Pagina 8 . . . . .	76
Figura 47–	Manual Pagina 9 . . . . .	77
Figura 48–	Manual Pagina 10 . . . . .	79
Figura 49–	Manual Pagina 11 . . . . .	80
Figura 50–	Manual Pagina 12 . . . . .	81
Figura 51–	Manual Pagina 13 . . . . .	82
Figura 52–	Manual Pagina 14 . . . . .	83
Figura 53–	Manual Pagina 15 . . . . .	84
Figura 54–	Manual Pagina 16 . . . . .	85
Figura 55–	Exemplo do Nuvem . . . . .	86

## **LISTA DE TABELAS**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS	17
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO E DISPOSIÇÃO DOS CAPÍTULOS E APÊNDICES	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>19</b>
2.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	19
2.2	MAPA CONCEITUAL	20
2.3	JOGOS PARA ENSINAR	21
2.4	UMA APRESENTAÇÃO À FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES	22
<b>3</b>	<b>DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DO PRODUTO</b>	<b>27</b>
3.1	MOTIVAÇÃO	27
3.2	INÍCIO DA CONFECÇÃO DO PROJETO	27
3.3	MODIFICAÇÕES E AJUSTES	29
3.4	MODIFICAÇÕES FINAIS	33
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DO PRODUTO EM SALA DE AULA</b>	<b>37</b>
4.1	A DINÂMICA DA APLICAÇÃO	38
4.1.1	Impressão do material didático	38
4.1.2	Primeira Aula	39
4.1.3	Segunda Aula	41
4.1.4	Terceira Aula	43
4.1.5	Quarta Aula	45
4.1.6	Quinta Aula	48
4.1.7	Sexta Aula	48
4.1.8	Sétima Aula	50
4.1.9	Oitava Aula	51
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>54</b>

<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>63</b>
	<b>APÊNDICE A - GUIA DE APLICAÇÃO</b> . . . . .	<b>65</b>
A.1	PRIMEIRA ETAPA: IMPRESSÃO DO MATERIAL . . . . .	65
A.2	SEGUNDA ETAPA: APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA MAPA CONCEITUAL. . . . .	67
A.3	TERCEIRA ETAPA: CONSTRUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COM TEMA LIVRE. . . . .	67
A.4	QUARTA ETAPA: ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COM TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES. . . . .	68
A.5	QUINTA ETAPA: PREENCHIMENTO DOS DADOS DAS CARTAS. . . . .	69
A.6	SEXTA ETAPA: JOGAR O MODO INICIANTE DO JOGO WOP. . . . .	71
A.7	SÉTIMA ETAPA: : ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COM TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES. . . . .	78
A.8	OITAVA ETAPA: JOGAR O MODO NORMAL DO JOGO WOP. . . . .	78
A.9	NONA ETAPA: ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COM TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES. . . . .	86
	<b>APÊNDICE B - MANUAL DO JOGO WoP</b> . . . . .	<b>87</b>
	<b>APÊNDICE C - MATERIAL PARA IMPRESSÃO</b> . . . . .	<b>104</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é possível perceber que o ensino de Física, tanto nas escolas de ensino público quanto privado, conta com grandes desafios, uma vez que os conteúdos presentes no Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que norteia o currículo de Física das escolas públicas, são extensos ao passo que o tempo para ensinar é curto. Desta forma, os professores, em muitos casos, limitam o conteúdo e até mesmo não chegam a concluir o que foi proposto pelo currículo. Por exemplo, em um total de seis livros que pesquisamos no âmbito do programa do governo, PNLD 2018- MEC, constatamos que três deles abordam o tema física de partículas elementares. Entre os livros que são contemplados pelo programa PNLD, dos quatro livros, somente um aborda o tema. Geralmente a física de partículas elementares (FPE) é um tema abordado em artigos de ensino, como os citados ao longo do texto. A FPE poderia ser tratada no âmbito da Física em qualquer ano do ensino médio. Destacamos um livro dentre estes, o livro do professor Pietrocola (PIETROCOLA et al., 2018), que aborda vários conceitos que usamos ao longo do produto e dispõe de 99 páginas de Física moderna e estrutura da matéria e dentro destas, 29 páginas aborda especificamente física de partículas elementares.

Devemos observar os grandes avanços científicos e tecnológicos que permeiam diversas áreas da Física que, além de contribuir fortemente para o progresso da sociedade, estão interligados ao ensino, devido à mudança de percepção do mundo. Consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) do ensino médio (EM),

“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.”(BRASIL, 2002)

Atualmente os principais avanços da ciência estão relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC), que surgiram no final do século XIX e início do século XX, logo é um campo relativamente recente da física. Percebemos então, através da análise dos livros didáticos do

ensino médio, que há pouquíssimos aspectos de FMC. Quase a totalidade dos livros trás o que chamamos de Física Clássica (Mecânica, ótica, ondas, Termodinâmica e Eletromagnetismo) e um fração muito pequena de FMC. Os conteúdos relacionados à estrutura da matéria, à relatividade do tempo e espaço, à quantização da energia, entre outros que abrangem áreas como Física Quântica, Física Estatística e Física Relativística – que formam a base do que chamamos hoje de FMC - são muito escassos nos materiais disponíveis para o ensino de física na educação básica. Sabemos, devido aos conteúdos do curso de física ao longo do país, que o assunto requer uma matemática sofisticada, que abrange um escopo altamente especializado, comparado ao conteúdo do ensino médio. Portanto, é dever do professor tentar ensinar tais assuntos para que estes cheguem de forma acessível ao aluno de ensino médio, despertando o interesse neste público.

As pesquisas de Terrazzan (TERRAZZAN, 1992), elencam que o problema da área é a falta de conhecimento deste tema por parte dos professores do Ensino Médio. Este autor menciona que os docentes de física do ensino médio justificam a exclusão de FMC neste nível de ensino, por analisar que o currículo de física já é muito extenso e adicionar mais tópicos, diminuiria o tempo destinado ao ensino da Física Clássica. Portanto o autor propõe a extrema necessidade de fazer com que o docente de Física no Ensino Médio se envolva no procedimento de reformulação do currículo.

Um dos conteúdos que, em curtos períodos sofre modificações consideráveis, é o da Física de Partículas Elementares (FPE). Devido aos grandes avanços obtidos no grande colisor de partículas, *Large Hadron Collider (LHC)*, que é a maior, mais cara e moderna máquina à disposição da ciência. Ele está localizado sob a sede da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, o CERN, nas proximidades de Genebra, na Suíça, sendo o maior acelerador de partículas do mundo. Constituído de um túnel de 27 km de circunferência, dispõe de dois dutos, onde feixes contendo bilhões de partículas subatômicas com velocidades próximas à velocidade da luz colidem, gerando novas partículas, ainda menores, que são detectadas por equipamentos robustos de alta tecnologia que traduzem os sinais captados em informações computacionais. Sua importância já é notável com os resultados das pesquisas realizadas no CERN, uma vez que tais resultados são aplicados a alguns tratamentos médicos, como exemplo a radioterapia com feixes e íons de carbono. Outra tecnologia que foi proporcionada à população é a World Wide Web, que revolucionou a comunicação mundial na década de 1990 e também foi desenvolvida a partir da necessidade de compartilhamento de dados do CERN. Do CERN, também saíram avanços na busca de novos materiais para composição de novas tecnologias, como o aprimoramento de smartphones, tablets e tantos outros recursos e dispositivos eletrônicos no mercado. Como mais importante temos os estudos da natureza mais fundamental, com a descoberta de uma Física nunca antes estudada.

Um dos focos da FMC é investigar a estrutura da matéria e entender as partículas atômicas e subatômicas que por sua vez formam o Modelo Padrão (MP), que é um conjunto de teorias

que incorpora toda a nossa compreensão atual sobre as partículas elementares e as interações fundamentais.

Todavia é um grande desafio para os professores ensinar tópicos de FMC e desta forma este trabalho foi desenvolvido para contribuir como um material de apoio para o ensino. O Jogo didático acerca do tema FPE, vem com o intuito de tornar o aprendizado lúdico e agradável. Como exemplificado: “Um aparato instrucional construído com princípio na mecânica dos jogos pode proporcionar uma experiência de conhecimento capaz de ajudar um acesso independente, motivador e eficiente no ensino de física” (ALVES, 2010).

Como exemplo de aplicação da proposta, temos um trabalho desenvolvido por Menezes:

O "Física de partículas na escola" foi elaborado para ser utilizado por alunos do Ensino Médio, com o objetivo de contribuir para a aprendizagem em física, atuando como facilitador da aprendizagem, estimulando o aspecto lúdico associado ao desenvolvimento cognitivo e emocional das crianças e adolescentes. (MENEZES, 2000).

## **1.1 OBJETIVOS**

Esse trabalho tem como objetivo criar e avaliar um jogo de tabuleiro para o estudo da FPE, buscando o esclarecimento da matéria por meio de atividades lúdico. Para elaboração do jogo de tabuleiro buscamos um material que fosse potencialmente significativo de modo a ensinar e proporcionar diversão, de forma que os que tiverem contato com o produto, saibam identificar as partículas elementares do modelo padrão, entender as estruturas subatômicas e como são formadas estruturas maiores (não elementares), reconhecer quarks, léptons e bósons e visualizar a complexidade do estudo das partículas elementares.

## **1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO E DISPOSIÇÃO DOS CAPÍTULOS E APÊNDICES**

No capítulo dois veremos alguns referenciais teóricos que fundamentam nossa pesquisa, dentre eles a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e alguns aspectos da física de partículas elementares, de modo a esclarecer ao leitor o que vamos abordar no produto. Seguindo para o capítulo três descrevemos como foi elaborado o produto, a motivação e as modificações feitas no decorrer do processo. No capítulo quatro foi descrita passo a passo a aplicação do produto em sala de aula e em sequência. No capítulo cinco, mostramos os resultados e uma análise qualitativa dos dados obtidos na aplicação do produto e, por fim, no último capítulo temos a conclusão do processo. No apêndice A, apresentamos uma descrição detalhada das etapas em

que o professor usará o jogo World of Particle (Mundo das Partículas), o produto. No apêndice B, iremos dispor o manual do jogo WoP. No apêndice C, o material para impressão que o professor/profissional de educação, usará na aplicação do produto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, iremos apresentar os embasamentos que o trabalho está fundamentado, que são: a aprendizagem significativa e a física de partículas elementares, em que nesta última, faremos apenas uma breve explanação, pois as leis que regem a composição da matéria estarão na confecção do produto, descrita no capítulo seguinte.

### 2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Após várias análises do acervo da psicologia da educação e estudos de autores dessas áreas, encontramos vários destes dedicados a entender esse assunto, porém cada meio escolar tem sua complexidade devido à pluralidade de compreensão dos alunos, por esse motivo, acreditamos que a busca pelas metodologias de aprendizagem que melhore o ensino aprendizagem do aluno deva ser contínua.

Os primeiro estudo da aprendizagem significativa veio com as publicações de David Ausubel em 1963 em *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. A Teoria da aprendizagem de Ausubel objetiva, a facilitação a aprendizagem, através do campo da psicologia da aprendizagem significativa, como diz David Ausubel:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos(AUSUBEL, 1968).

Para um melhor compreender essa teoria é preciso entender o que é a aprendizagem significativa e outros conceitos utilizado nela. A Aprendizagem significativa é o conceito central dessa teoria, a aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação são agregada no cognitivo do indivíduo através da relação da nova informação com as que ele já tem, deste modo obtendo uma concepção sobre o determinado assunto, assim um novo conhecimento é formado.

Na teoria da aprendizagem significa o indivíduo pode ter um conhecimento formado sobre um determinado assunto que é a conhecimento prévio que o aluno possui, Ausubel define estes conhecimento como Subsunçor. Em outras palavras os subsunçores são estrutura de conhecimento

que o aluno possui previamente. Para que ocorra uma aprendizagem significativa as novas informações tem que ancora-se nos subsunçor e modificando a estrutura cognitiva implicando em um crescimento e modificação de um conceito subsunçor.

“Um ‘subsunçor’ é, portanto, um conceito, uma ideia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva capaz de servir de ‘ancoradouro’ a uma nova informação de modo que esta adquira significado para o sujeito (i.e., que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação)” (MOREIRA, 1999).

Para que possa acontecer uma aprendizagem significativa, o material utilizado no aprendizado deve ser potencialmente significativo, logo o material deve estar organizado de forma a facilitar o entendimento, para isso deve estar estruturado de maneira não literal e não arbitrária, assim a cognição será mais eficaz. Ainda sim o aluno deve estar disposto a aprender. Como descrito por Marcos Antônio Moreira a seguir.

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Isto é, nesse processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de ‘conceito subsunçor’ ou, simplesmente, ‘subsunçor’, existente na estrutura cognitiva de quem aprende (MOREIRA, 1999).

Na aprendizagem significativa quando o aprendizado se dá de um conceito mais específico e ancorado em um subsunçores com conceitos mais gerais se dá o nome de aprendizagem de subordinação. Quando as informações são mais gerais, que possui vários subsunçores mais específicos é chamada de aprendizado superordenado. Por fim se não possuir um ancorador nem geral nem específico a aprendizagem é tida como combinatória.

## **2.2 MAPA CONCEITUAL**

Na década de 70 Joseph Novak desenvolve a teoria a respeito de mapas conceituais baseando sua elaboração na aprendizagem significativa de David Ausubel. Assim a elaboração do mapa conceitual é tido como uma ferramenta, para estruturar e relacionar o conhecimento. Logo trata-se de uma técnica que, como sugere o nome, se baseia na relação entre conceitos para mapear o que se conhece do assunto em questão. Podendo ser possível analisar os conhecimentos que os alunos obtiveram durante o estudo do tema abordado. Novak considera o mapa conceitual uma estratégia para os educadores, um método para captar os significados do que se quer aprender e um recurso esquemático para representar uma estrutura de conceitos (NOVAK, 1981).

Os mapas são atividades de avaliação que podem nos dar uma boa ideia ao longo do processo de como o indivíduo está evoluindo durante o processo de ensino e aprendizagem e com

esse retorno é possível criar uma boa estratégia para uma melhor aprendizagem significativa. Uma avaliação formativa envolvendo mapas conceituais evidencia o processo de aprendizagem tanto quanto favorecem uma visão longitudinal deste mesmo processo (BUCHWEITZ; MOREIRA, 1993).

## 2.3 JOGOS PARA ENSINAR

O jogo se trata de um meio lúdico para alcançar o objetivo de um material mais atrativo para os alunos como dito Alves (ALVES, 2010)

...é importante explicar que a palavra "jogo" se origina do vocábulo latino ludus, que significa diversão, brincadeira e que é tido como um recurso capaz de promover um ambiente planejado, motivador, agradável e enriquecido, possibilitando a aprendizagem de várias habilidades. Dessa maneira, alunos que apresentam dificuldades de aprendizagem podem aproveitar-se do jogo como recurso facilitador na compreensão dos diferentes conteúdos pedagógicos. (ALVES, 2010).

Segundo Alves e Bianchin (ALVES, 2010), o jogo como um instrumento de aprendizagem é um recurso de extremo interesse aos educadores, uma vez que sua importância está diretamente ligada ao desenvolvimento do ser humano em uma perspectiva social, criativa, afetiva, histórica e cultural.

Buscamos um material que proporcione aos alunos atingir o estado de fluxo que tem como pergunta chave: "o que é uma boa vida?" (CSIKSZENTMIHALYI, 1999), o autor Mihaly Csikszentmihalyi, húngaro, busca quais os motivos que tornam as pessoas verdadeiramente felizes, assim como os motivos pelos quais algumas pessoas se encontram engajadas na realização de uma atividade. Como proposto por Mihaly, as pessoas entram em um estado de fluxo para expressarem o estado de determinada atividade ou momento e que assim possam ter uma satisfação plena. Para esclarecer o que é o estado de fluxo (CSIKSZENTMIHALYI, 1999), inicia-se o pensamento de que as emoções se referem a estados interiores de consciência. Segundo Mihaly,

"as emoções negativas como tristeza, medo, ansiedade ou tédio produzem 'entropia psíquica' na mente, isto é, um estado em que não podemos usar a atenção de maneira eficaz para lidar com tarefas externas, porque precisamos dela para restaurar uma ordem subjetiva. Emoções positivas como felicidade, força ou alerta são estados de 'negaentropia psíquica', ou entropia negativa, porque não precisamos de atenção para refletir e sentir pena de nós mesmos, e a energia psíquica pode fluir livremente para qualquer pensamento ou tarefa em que escolhermos investir" (CSIKSZENTMIHALYI, 1999).

## 2.4 UMA APRESENTAÇÃO À FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES

Na história da humanidade sempre houve a curiosidade de se descobrir de que "somos feitos", e qual é a constituição da matéria que compõe as "coisas". A evolução das descobertas dos pensadores e cientistas ao longo da história, pode ser encontrada na literatura, no que diz respeito a física de partículas elementares (ABDALLA, 2005; OSTERMANN, 1999; MOREIRA, 2007; PIETROCOLA et al., 2018).

A Física de partículas estuda os constituintes elementares da matéria e da radiação, além de suas interações. É também chamada de física de altas energias, porque muitas partículas elementares só podem ser criadas através de altos níveis de energia. Desta forma há a necessidade de aceleradores de partículas de alta potência para a realização de pesquisas nesse ramo e para detecção destas partículas. A teoria quântica de campos, tem sido o campo de pesquisa que abrange o estudo da física de partículas. (GRIFFITHS, 2008).

O modelo padrão foi criado em meados dos anos 1970 (PESKIN M.E., 2018), mas parte dele, o modelo eletrofraco, foi desenvolvido mais precisamente em de 1974 e que rendeu o prêmio Nobel a Steven Weinberg, Abdus Salam e Sheldon Lee Glashow em 1979. O modelo padrão é a parte da teoria quântica de campos que descreve as interações fundamentais, como a força forte, a fraca e a eletromagnética, bem como as partículas fundamentais que constituem toda a matéria e as partículas formadas a partir destas, conhecidas como não fundamentais.

Todas as partículas que constituem a matéria podem ser classificadas como Bósons ou Férmions. Os bósons são partículas de spin inteiro e não obedecem o princípio de exclusão de Pauli, sendo descritas pela chamada estatística de Bose-Einstein. Por sua vez, os férmions, são partículas de spin semi-inteiro e sua estatística obedece ao princípio de exclusão de Pauli, sendo descrita pela chamada estatística de Fermi-Dirac, e é responsável pelo que conhecemos como matéria bariônica do Universo.

No modelo padrão, as partículas elementares estão dispostas de forma que se encontram divididas entre as que são constituintes da matéria e as que são mediadoras. As mediadoras "carregam" a informação entre as constituintes, ou seja, definem as interação entre estas e mediadoras são chamadas de Bósons vetoriais, pois se transformam como vetores mediante a transformações do Grupo de Lorentz, porém este não será nosso foco. Uma das formas de diferenciar todas as partículas é através do spin, sendo que as constituintes da matéria são férmions e as mediadoras, das interações bósons. Porém existem vários outros números quânticos que são atribuídos a elas e veremos isso mais adiante.

Quanto à classificação das partículas fundamentais constituintes, elas são divididas em léptons e quarks. O primeiro tipo não possui carga de cor enquanto que o segundo tipo possui, partículas

possuem carga de cor, percebem a interação forte e só são encontradas confinadas dentro de outras partículas, os hádrons, como prótons, nêutrons, mésons...

Podemos dizer também que uma partícula que pode ser dividida não é elementar, e que, toda partícula que não possui um constituinte é elementar. Um outro ponto importante para se entender como as partículas são constituídas é se ela é estável ou não. Alguns parâmetros medem como as partículas se transformam em outras, entre eles temos o seu tempo de fusão ou fissão, divisão ou soma de massas e energias, a divisão ou soma de cargas elétricas ou outros números quânticos como isospins, dentre outros. Estes assuntos podem ser estudados, aprofundados e detalhados em disciplinas do final dos cursos de física ou pós-graduação em física nuclear, física de partículas e teoria quântica de campos. Um exemplo clássico de decaimento é o da partícula Nêutron, que pode ter alguns tipos de leis de conservação, como por exemplo da carga elétrica,

$$n^{(0)} \longrightarrow p^{(+)} + e^{(-)} + \nu_e^{(0)}, \quad \text{que destaca o número quântico carga elétrica.} \quad (2.1)$$

ou a energia de constituição,

$$E_n = E_p + E_e + E_{\nu_e} + E_{\text{ligação}}, \quad \text{que a energia total envolvida.} \quad (2.2)$$

ou ainda relativa ao spin intrínseco absoluto,

$$|1/2 \rangle = |1/2 \rangle \oplus |1/2 \rangle \oplus |1/2 \rangle \dots \quad \text{que destaca o número quântico de spin.}^1 \quad (2.3)$$

Este resultado não é consistentemente correto, sob o ponto de vista da álgebra vetorial, apenas ilustra que as partículas conservam o seu valor de spin num processo de transformação. Poderíamos colocar também outras quantidades que se conservam em um processo de decaimento ou formação de outras partículas, porém, isso não é o escopo deste trabalho.

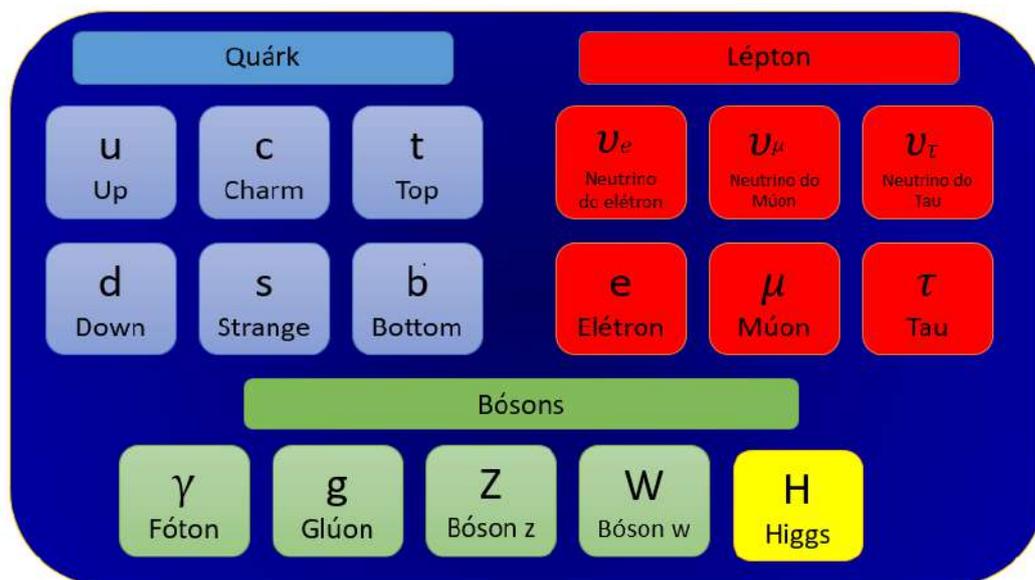
Os hádrons são combinações de quarks, e estes por sua vez nunca foram detectados isoladamente, apenas por aferição indireta. As duas combinações possíveis são: um quark com um anti-quark que gera um méson e quarks com cargas positivas interagindo com quarks com cargas negativas, gerando um bárion. Esta também é uma classificação, partículas que possuem apenas quarks são denominados bárions e os que possuem quark e anti-quark são denominados de mésons. Existem ainda partículas exóticas descobertas recentemente, como o pentaquark e outros, mas estes não trataremos aqui.

Além das partículas, é importante destacar as forças fundamentais da natureza: força nuclear

---

<sup>1</sup>O símbolo  $|\dots \rangle$  é chamado de "Ket" em Mecânica Quântica. Este símbolo representa um vetor, ou mais precisamente um auto-vetor de um auto-estado do operador energia proposto por Dirac para descrever as partículas através da mecânica quântica. Para o nosso caso ele está associado ao estado de spin das partículas, isto é o valor absoluto do spin da partícula. Este valor absoluto  $s = 1/2$ , pode apresentar outros dois valores degenerados, os valores dos estados up e down, isto é,  $m_s = +1/2$  e  $m_s = -1/2$ , respectivamente. A notação de estados quânticos foi trazido para o ambiente das físicas de partículas por Wolfgang Pauli. Mais detalhes sobre o assunto pode ser verificado em (GRIFFITHS, 2008)

Figura 1 – Tabela de partículas elementares do modelo padrão simplificada.



Fonte: Própria.

forte, força nuclear fraca, força eletromagnética e força gravitacional. Sendo relevante para o presente trabalho aprofundar somente na primeira, pois trataremos de uma forma não fundamental como certas partículas são constituídas de quarks.

A interação forte ou "força forte", atua somente em distâncias muito pequenas, menores que o raio do núcleo atômico e é intermediada por glúons que são bósons mediadores que possuem spin 1. Essa interação é responsável por manter os quarks unidos (coesos) nos interiores dos prótons e nêutrons e outras tantas partículas. Além disso só constitui partículas reunidas em combinações incolores, ou seja, combinação das cores que se somam resultando o branco. Essa propriedade é chamada de confinamento sendo tão forte entre os quarks, que os impede de serem observados livres. Alguns quarks interagem e são mantidos coesos, mesmo tendo cargas elétricas de mesmo sinal, pois a força forte é mais intensa que a repulsão eletromagnética, na escala subnuclear.

A interação fraca ou "força fraca", é responsável pelo decaimento beta e é intermediada pelas partículas Z,  $W^+$  e  $W^-$  que são bósons vetoriais de spin 1. Estas partículas mediam a interação entre os léptons e apesar de serem levemente mais fortes que a força eletromagnética, os seus mediadores são muito pesados, o que não lhes confere a qualidade de bons transmissores de energia (GRIFFITHS, 2008).

Na figura (1), consideramos as partículas em azul sendo os seis quarks conhecidos na natureza, os em vermelho são os seis léptons conhecidos, as partículas verdes são os bósons mediadores das partículas constituintes e a partícula em amarelo é o bóson de Higgs, a partícula que gera

massa para todas as partículas conhecidas, segundo o Modelo Padrão.

Também a título de informação, até mesmo em alguns pontos que usaremos no produto, podemos verificar uma tabela da figura 2, alguns dados importantes para compor as regras do jogo de cartas. Estes dados são das partículas mais conhecidas e que historicamente foram sendo descobertas.

Figura 2 – Tabela de partículas e alguns dados tirados do livro (PIETROCOLA et al., 2018)

Natureza da partícula	Nome (símbolo)	Ano da descoberta	Carga elétrica	Spin	Massa (MeV/c <sup>2</sup> )	Vida-média (s)
elementar	fóton ( $\gamma$ )	1923*	0	1	0	estável
elementar	elétron ( $e^-$ )	1897	-1		0,511	estável
elementar	pósitron ( $e^+$ )	1931	+1		0,511	estável
elementar	neutrino ( $\nu$ )	1930	0		~0	estável
	próton (p)	1919	+1		938,26	estável
	nêutron (n)	1932	0	$\frac{1}{2}$	939,55	900**

Fonte: Livro do ensino médio do PNLD-2018 (PIETROCOLA et al., 2018)

Do mesmo livro, (PIETROCOLA et al., 2018), podemos mostrar uma outra tabela na figura 3, com dados importantes que usamos no produto, como carga elétrica, spin, massa e decaimentos.

No produto que apresentaremos a seguir, mostraremos as regras para compormos partículas não fundamentais e até átomos, a partir desse conjunto de partículas fundamentais. Isso sera feito de forma que um aluno de ensino médio não se deparem com todo aparato matemático que a teoria quântica de campos da física de partícula nos propõe para descrever o modelo padrão.

Figura 3 – Tabela de partículas e alguns dados tirados do livro (PIETROCOLA et al., 2018)

Nome (símbolo)	Ano da descoberta	Carga elétrica	Spin	Massa (MeV/c <sup>2</sup> )	Vida-média (s)	Modos de decaimentos
neutrino do elétron ( $\nu_e$ )	1956	0	½	< 3 eV/c <sup>2</sup>	estável	não decai
neutrino do múon ( $\nu_\mu$ )	1962	0	½	< 0,17	estável	não decai
neutrino do tau ( $\nu_\tau$ )	2000	0	½	< 18	estável	não decai
múon ( $\mu^+$ )	1962	-1	½	105,7	$2,20 \cdot 10^{-6}$	$e^+ + \nu + \bar{\nu}$
tau ( $\tau^-$ )	1975	-1	½	1777	$3,00 \cdot 10^{-13}$	$\mu^-$ ou $e^-$
píon ( $\pi^+$ )	1947	+1	0	140,0	$2,60 \cdot 10^{-8}$	$\mu^+$
píon ( $\pi^0$ )	1949	0	0	135,0	$0,80 \cdot 10^{-16}$	$2\gamma$
píon ( $\pi^-$ )	1947	-1	0	140,0	$2,60 \cdot 10^{-8}$	$\mu^-$
káon ( $K^+$ )	1947	+1	0	493,7	$1,24 \cdot 10^{-8}$	$\mu^+$ ou $\pi^0 + \pi^+$
káon ( $K_S^0$ )	1947	0	0	498,0	curta: $0,89 \cdot 10^{-10}$ longa: $5,00 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ + \pi^-$ ou $2\pi^0$
káon ( $K_L^0$ )	1947	0	0	497,7	$5,20 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ + e^-$ ou $\pi^- + e^+$ ou $3\pi^0$
lambda ( $\Lambda^0$ )	1951	0	½	1 115,6 GeV/c <sup>2</sup>	$2,60 \cdot 10^{-10}$	$p + \pi^-$ ou $n + \pi^0$
sigma ( $\Sigma^+$ )	1953	+1	½	1 189,4 GeV/c <sup>2</sup>	$0,80 \cdot 10^{-10}$	$p + \pi^0$ ou $n + \pi^+$
sigma ( $\Sigma^0$ )	1956	0	½	1 192,5 GeV/c <sup>2</sup>	$6,00 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 + \gamma$
sigma ( $\Sigma^-$ )	1953	-1	½	1 197,3 GeV/c <sup>2</sup>	$1,50 \cdot 10^{-10}$	$n + \pi^-$
xi ( $\Xi^0$ )	1959	0	½	1 315 GeV/c <sup>2</sup>	$2,90 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 + \pi^0$
xi ( $\Xi^-$ )	1953	-1	½	1 321 GeV/c <sup>2</sup>	$1,64 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 + \pi^-$
ômega ( $\Omega^-$ )	1964	-1	½	1 672 GeV/c <sup>2</sup>	$0,82 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^0 + \pi^0$ ou $\Lambda^0 + K^+$

Fonte: Livro do ensino médio do PNLD-2018 (PIETROCOLA et al., 2018)

### **3 DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DO PRODUTO**

Neste capítulo, faremos uma descrição da jornada de criação do produto, ou seja, toda a trajetória de confecção das ideias e construção e das modificações realizadas.

#### **3.1 MOTIVAÇÃO**

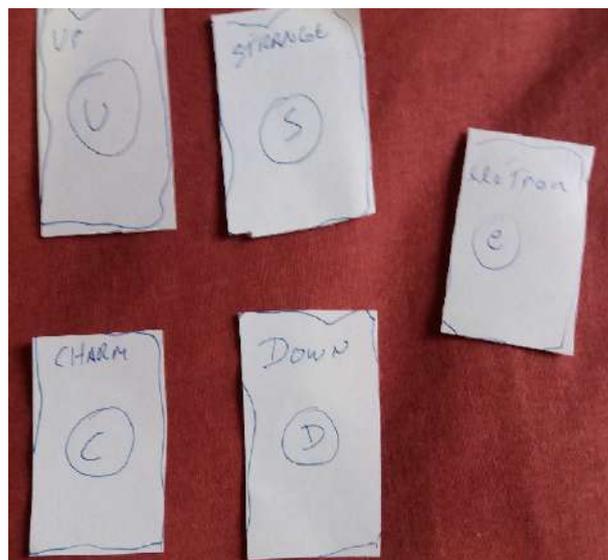
Desde o início, foi a criação de um jogo didático com a temática FPE e por esse motivo, no decorrer do tempo, o jogo sofreu diversas modificações para melhoria, tanto no design quanto nas regras e estratégias. Neste capítulo mostraremos como se deu a criação, as modificações e as regras finais.

A ideia primordial foi trabalhar com as partículas elementares do modelo padrão, subatômicas visto na figura (1), porem conforme a evolução do projeto foi acrescentado partículas atômicas.

#### **3.2 INÍCIO DA CONFECÇÃO DO PROJETO**

Começamos então a desenvolver a metodologia do jogo e deste modo os primeiros rascunhos começaram a surgir. Como o jogo se tratava de um tabuleiro com cartas, estas foram as primeiras a serem elaboradas. Como vemos na figura (4) os esboços iniciais foram bem rústicos.

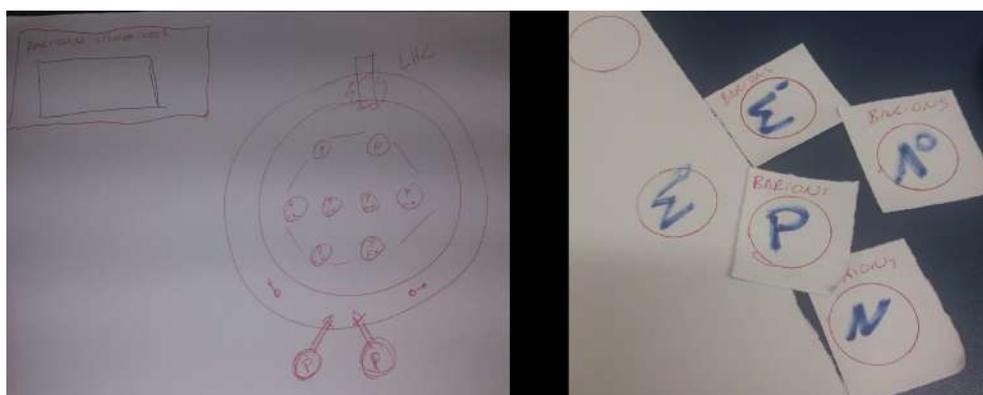
Figura 4 – Primeiro esboço de cartas das partículas elementares



Fonte: Própria.

O jogo tem como objetivo a criação de partículas mais pesadas, os bárions e mésons, que basicamente resultam da junção das partículas fundamentais, quarks e anti-quarks. Deste modo, o jogo necessitaria de mais cartas de apoio e foram então criados esboços dessas novas cartas.

Figura 5 – Primeiro esboço das cartas dos Bárions e do tabuleiro



Fonte: Própria.

Em seguida, como visto na imagem anterior, foi criado o tabuleiro de apoio, para ajudar a nortear e auxiliar o andamento do jogo.

Com o protótipo inicial criado, foram necessários alguns testes e modificações para melhorar da jogabilidade, estratégias, diversão e, principalmente, o conteúdo abordado no jogo, que são as regras para junção das cartas formando assim as partículas maiores não fundamentais. Um

exemplo mais simples deste processo é a formação do átomo de hidrogênio, composto por um Bárion, o próton formado por três quarks (duas partícula elementar up e um down), e um lépton (a partícula elementar elétron).

### 3.3 MODIFICAÇÕES E AJUSTES

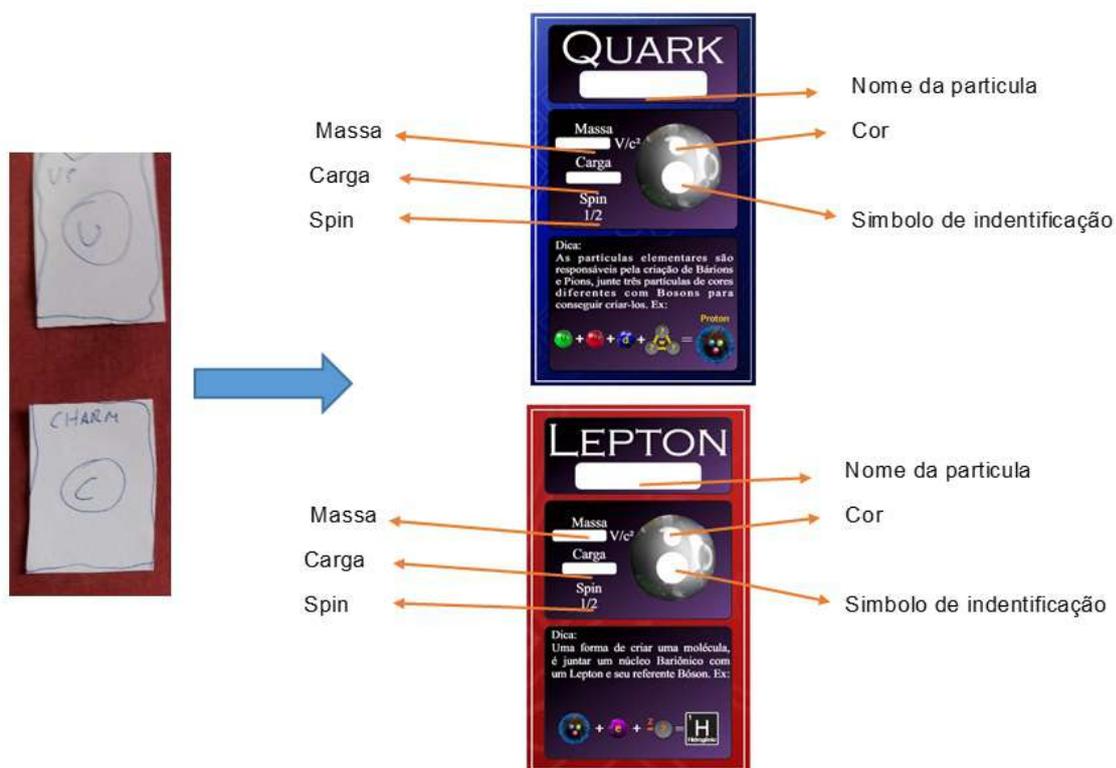
Inicialmente o jogo se chamava “Higgs construindo o Universo”, porém, mais tarde sofreu uma modificação passando a se chamar “*World of Particles*” (WoP).

Com o avanço nos estudos de FPE e do Modelo Padrão <sup>1</sup>, verificamos a necessidade de criar um protótipo de carta para auxiliar a melhoria na aplicabilidade e a dinâmica do jogo, levando em conta a natureza das partículas compostas e das elementares. Para isso foi desenvolvido um novo modelo de carta, possibilitando uma maior facilidade de manuseio e preenchimento dos dados, bem como algumas melhorias gráficas. As cartas foram confeccionadas em uma gráfica especializada com recursos próprios, apresentando um design mais arrojado, como percebido nas imagens da figura 6.

---

<sup>1</sup>Este conhecimento foi adquirido durante a disciplina do curso de bacharelado em física na disciplina de Teoria de Grupos, onde estudamos características e os decaimentos de partículas não elementares, a partir dos grupos unitários U(1), SU(2) e SU(3), porém não iremos abordar tais assuntos pois foge do escopo deste trabalho

Figura 6 – Cartas modelo das Partículas elementares: Vemos na figura do lado esquerdo o esboço inicial e no lado direito vemos a carta já com um design mais elaborado



Fonte: Própria.

As cartas possuem campos de preenchimento como nome da partícula, massa, carga, spin, cor e o símbolo de identificação. Na parte inferior implementamos uma dica de como se jogar para auxiliar o entendimento do WoP. Já nas figuras 7 e 8 se encontram as cartas de Bárions e Átomos.

Figura 7 – Cartas Modelo dos Hádrons: Essas cartas contém as informação de como formar cada bárion (Quantidades e quais partículas serão necessários.)



Fonte: Própria.

Figura 8 – Carta Modelo dos Átomos: Essa carta contém as informações de qual átomo ela representa, como formá-la, seu símbolo e a quantidade de pontos que irá ganhar quando formá-la.

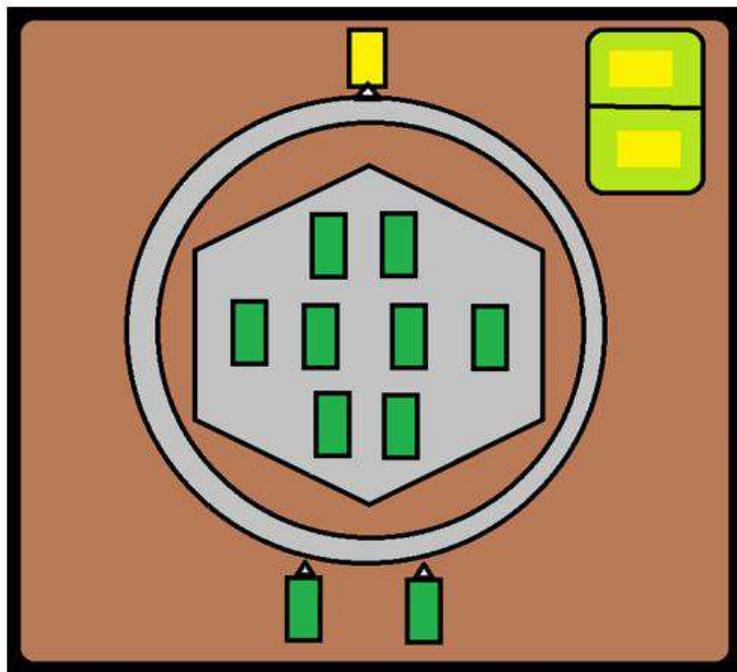


Fonte: Própria.

Nas modificações do tabuleiro foram inseridos espaços para cartas de Quarks e Léptons, situados no canto superior direito visto na figura 9 . Na parte central dentro do octógono foi

separado um local para os Bárions (uud, ddu, sud, uus, dds, ssu, ssd), ao redor do octógono temos o círculo que representa o colisor de partículas.

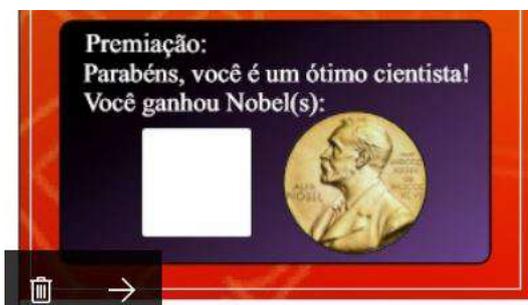
Figura 9 – Tabuleiro inicial: Tabuleiro que foi usado inicialmente com esboço



Fonte: Própria.

Nos início não foi necessário utilizar o tabuleiro. Nesta etapa o WoP tinha como meta construir átomos, como hidrogênio, hélio, entre outros. A cada partícula construída o jogador obteria uma pontuação denominada Nobel e quem no final da partida tivesse a maior quantidade de Nobels venceria o jogo. O valor do Nobel que o jogador ganhava está descrito na parte inferior da cartar de átomo com sinalizado na figura 10.

Figura 10 – Pontuação do jogo: Onde se encontra o quadrado branco na figura estará o valor de Nobel's que ela vale, posteriormente esse sistema de pontuação foi substituído por um tabuleiro onde contabiliza os pontos, não mais sendo contabilizado nas cartas.



Fonte: Própria.

O jogo foi aplicado em algumas turmas durante o primeiro ano de elaboração do jogo para testar e melhorar a dinâmica. A figura 11 mostra um dos teste feito para melhoria do jogo.

Figura 11 – Fotos tirada do teste do jogo



Fonte: Própria.

### 3.4 MODIFICAÇÕES FINAIS

Após vários testes e alterações, novos ajustes foram feitos para melhorar a jogabilidade. Inicialmente foi utilizado um tabuleiro de cartas que posteriormente foi modificado para tabuleiro de marcadores, como mostrado nas figura 12 e 13. Agora o tabuleiro deixa de usar carta e passa a usar marcadores como está ilustrado na figura 14. Com isso o jogo passa a ocupar menos espaço e melhorar a organização, facilitando a dinâmica do jogo. Os marcadores passam a representar as oito partículas do octeto, os átomos e as partículas elementares nos tabuleiros.

Figura 12 – Marcadores que substituem as cartas de bárions e átomos servindo para marcar os nos tabuleiros



Fonte: Própria.

Figura 13 – Tabuleiro de Cartas



Fonte: Própria.

Figura 14 – Tabuleiro com a modificação de cartas para marcadores



Fonte: Própria.

Nessas modificações além de uma melhoria gráfica, o jogo sofreu uma considerável mudança. Decidimos modificar o uso de cartas para marcadores para facilitar e melhorar os mecanismos do WoP e diminuir o tamanho do tabuleiro para se tornar mais funcional. As cartas de partículas elementares continuam, porém as cartas de Bárions e Átomos foram substituídas por marcadores. As regras do jogo estão descritas no lado esquerdo do tabuleiro facilitando o entendimento do jogo.

A forma de pontuação também foi modificada inserindo um tabuleiro próprio para marcar pontos no decorrer do jogo com a descobertas de partículas subatômicas, bárions e átomos.

Figura 15 – Tabuleiro de pontos do lado direito da imagens que tem objetivo contabilizar os pontos e marcadores para utilizar no tabuleiro de pontos do lado direito



Fonte: Própria.

Após 1 ano de testes e modificações o jogo foi aplicado, como veremos no próximo capítulo. Toda as regras para se jogar o WoP se encontram em anexo o Manual de Regras. Também se encontra em anexo todo material para imprimir todo o jogo. <sup>2</sup>

<sup>2</sup>Nas figuras anteriores o jogo se manteve com o nome antigo (HIGGS - Construindo o universo) mas posteriormente foi mudado para o novo nome "World of Particles"(WoP).

## **4 APLICAÇÃO DO PRODUTO EM SALA DE AULA**

O produto foi criado para ser aplicado ao ensino de física, porém pode ser utilizado em outros contextos como: disciplinas de graduação em cursos de ciências exatas, iniciações científicas nas áreas de física moderna e física de partículas, ensino médio, em momentos onde podem ser abordados tais conteúdos, tanto em física como em química, ambientes de jogos propriamente ditos, etc. No contexto deste trabalho/dissertação de mestrado, aplicamos o jogo na rede pública estadual EEEFM Professor José Leão Nunes - Cariacica - ES, com turmas do primeiro ano do ensino médio.

Para a aplicação do produto, foram necessárias oito aulas que estão distribuídas de acordo com o diagrama abaixo na figura 16.

Figura 16 – Esquema de Aulas



Fonte: Própria.

Nas seções a seguir descrevemos como cada aula foi aplicada usando o produto WOP.

## 4.1 A DINÂMICA DA APLICAÇÃO

### 4.1.1 Impressão do material didático

O material para ser aplicado em sala de aula está disponível no link:

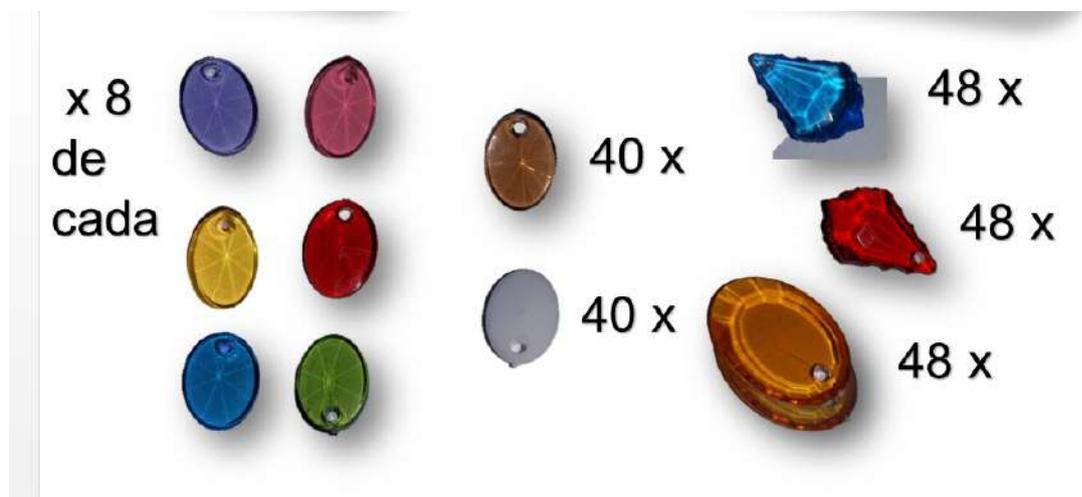
- <https://drive.google.com/open?id=1wcnjYy9jC9Jh2g91UvXPZSH2zMol-yXO> ,

e ainda está disposto, em cópia, na mídia (DVD) anexada à dissertação.

Os materiais que devem ser impressos são os seguintes e nas suas respectivas quantidades:

- Manual, parte 1 - 1 por grupo;
- Manual, parte 2 - 1 por grupo;
- Cartas - 124 Cartas de Quarks por Grupo;
- Cartas - 80 Cartas de Léptons por Grupo;
- Tabuleiro Central - 1 por grupo;
- Tabuleiro de Pontos - 8 por grupo;
- Tabela de cartas - 1 por grupo;
- Marcadores - Os marcadores coloridos podem ser comprados em lojas de material de artesanato ou de confecções de roupas. As quantidade encontra disposto na figura 17.

Figura 17 – Quantidade de marcadores por grupo.



Fonte: Própria.

#### 4.1.2 Primeira Aula

Inicialmente, foi preciso realizar uma abordagem sobre mapa conceitual, pois com ele iremos avaliar o processo de aprendizagem do aluno e se o mesmo foi significativo. Como a ferramenta nunca havia sido utilizada pelos alunos, foi necessário primeiramente introduzi-la em sala de aula. Construimos um mapa no quadro em conjunto com os alunos seguindo os passos:

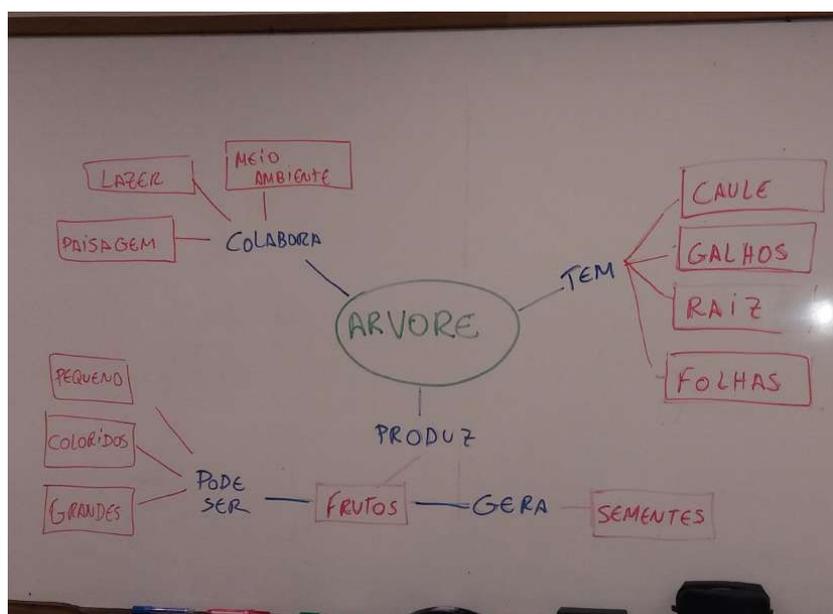
1º. Escolha do tema: a escolha do tema pode ser feita na hora, adotando um tema que todos conheçam, ou pode ser feita através de uma votação.

2º. *Brainstorm* (Tempestade de ideias): é preciso que sejam listadas no quadro as palavras relacionadas com o tema proposto. Os alunos devem dizer quais as palavras possuem alguma relação com o tema central escolhido no primeiro passo.

3º. Separação de palavras mais importantes: observar e marcar as palavras que melhor se relacionam com o tema central e as que menos têm relação (sugestão circular ou sublinhar).

4º. Construção do mapa: na construção é necessário escrever o tema central no centro do quadro e ligar os conceitos mais importantes, sempre colocando o verbo de ligação entre os conceitos para dar sentido à ligação. Por fim, ligar os conceitos menos importantes e descartar os que não serão usados. Um exemplo de mapa conceitual na figura 18 temos um com tema central árvore.

Figura 18 – Exemplo do mapa construído em sala de aula com o tema central Árvore.



Fonte: Própria.

### **Diário: Primeira Aula**

Na primeira aula dúvidas surgiram sobre como montar e estruturar os mapas, muitas conexões não foram ligadas corretamente. As dúvidas foram tiradas na hora e todas as turmas conseguiram entregar os mapas no tempo hábil.

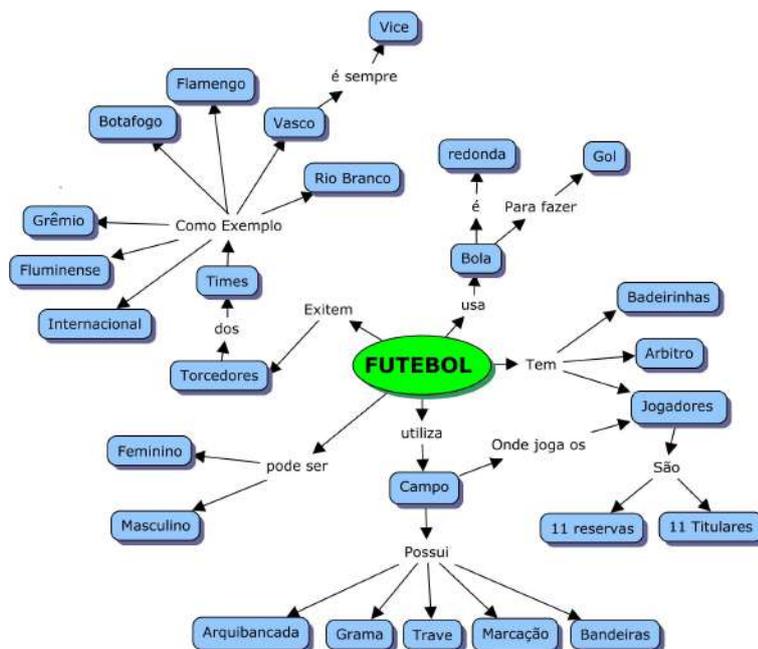
Nesta aula foi feita uma abordagem sobre o que é um mapa conceitual e os passos para que se possa construí-lo corretamente, foi utilizado um projetor e apoio do software CmapTools. Também discutimos como fazer um *Brainstorm*, e para este exemplo foi utilizado o tema central

futebol.

Na tempestade de ideias, a maioria da sala participou com entusiasmo nas escolhas dos conceitos relacionados. Foram elencados cerca de trinta conceitos que tem relação com futebol.

Após este momento foi construído o mapa conceitual. Através do programa "Cmap tools"(CMAPTOOLS, 2016), que possui uma ambientação própria para criação de mapas e ferramentas para auxiliar a montagem do mapa. Para elaboração do mapa foram usadas as palavras da tempestade de ideias, abordando de forma correta a construção do mapa conceitual, sempre utilizando os verbos de ligação. Neste processo foram sanadas muitas dúvidas por parte dos alunos, e também foram feitas sugestões para melhorar a organização do mapa. Tomamos o cuidado de construir um mapa com uma disposição e "design" mais agradável como mostrado na figura 19, o que torna a fixação dos conteúdos e conceitos mais rápida.

Figura 19 – Mapa feito em sala com alunos utilizando o cmap tools



Fonte: Própria.

### 4.1.3 Segunda Aula

Nesta aula foi solicitado aos alunos que construíssem seu próprio mapa de forma individual, com um tema livre. Os passos a seguir são semelhantes aos da primeira aula. Esta aula tem por objetivo um melhor domínio na construção de mapas, que será uma ferramenta importante da nossa avaliação de aprendizagem. Usando o mesmo esquema anterior, propusemos aos alunos seguirem os seguintes passos: 1º Escolha do tema, 2º *Brainstorm*, 3º Separação de palavras mais importantes e 4º Construção do mapa.

Fechamos a segunda aula com os alunos discutindo que tipo de mapas eles iriam construir, ou seja, isto tinha sido algo que eles nunca tinham feito e tal ferramenta despertou uma "curiosidade" sobre a atividade.

### **Diário: Segunda Aula**

Neste dia foi feito um mapa teste para avaliar construção dos mapas conceituais. Neste processo foram postos no quadro alguns temas para que os alunos escolhessem: comida, música, jogos e maquiagem. Alguns destes temas foram escolhidos individualmente.

Sobre a construção dos mapas, foram esclarecidas algumas dúvidas, como o uso dos verbos de ligação, a quantidade de palavras no mapa e como circular os conceitos.

Para melhor ilustrar os mapas feitos pelos alunos, segue um exemplo de mapas construído na aula em questão.



tema proposto. Como sugestão o professor deverá colocar apenas quatro palavras: "Quark", "Lépton", "Bóson" e "Bárion"<sup>1</sup>.

3º Separação de palavras mais importantes: observar e marcar as palavras que melhor se relacionam com o tema central e as que menos têm relação (sugestão circular ou sublinhar).

4º Construção do mapa: construir individualmente, usando como exemplo os mapas elaborados nas aulas anteriores. Ensinar como ligar os conceitos utilizando os verbos de ligação.

### **Diário: Terceira Aula**

Neste dia foi feito o mapa conceitual com a temática física de partículas elementares, o Brainstorm foi feita pela turma junta, no quadro, devido à pouca informação que os alunos tinham perante tema. Em todas as turmas, surgiram palavras como, "átomo", "elétron", "prótons", "nêutrons", "células", e na maioria a palavra "Flash", relacionada ao seriado de TV (quando questionados sobre o motivo a resposta foi: no personagem flash, da DC comics, tem um colisor de partículas da empresa STAR), pois o aluno relacionou algo popular na TV com o que se estuda em grandes laboratórios ao longo do mundo como LHC (Large Hadron Collider), LEP (Large Electron–Positron Collider) e outros.

Os mapas foram elaborados em folhas de papel A4 e no verso estava contida a tempestade de ideias. Algumas dúvidas surgiram durante a construção, mas em número muito menor que na aula anterior.

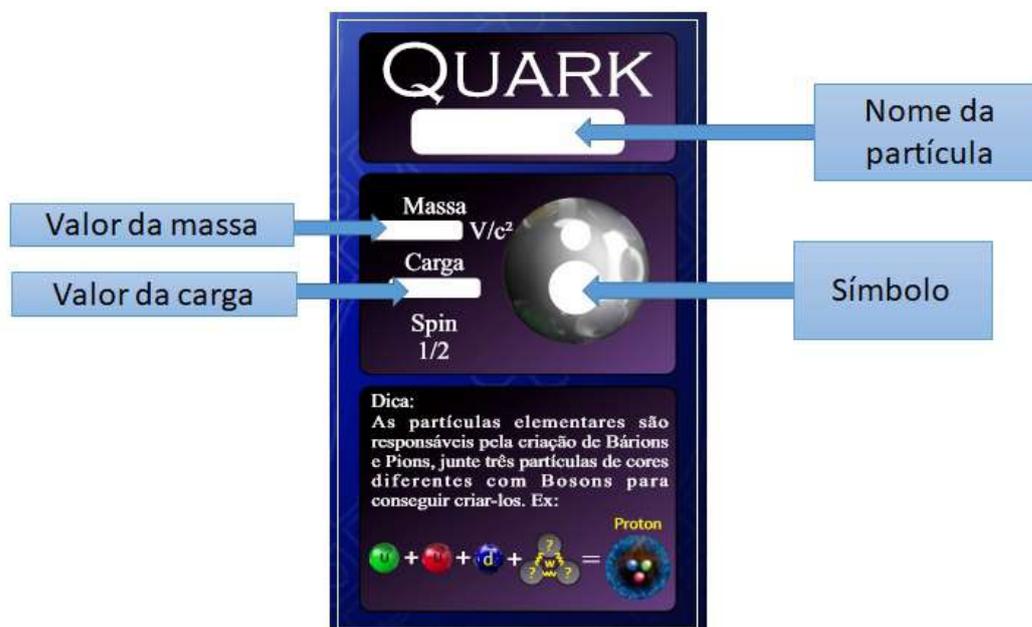
Em geral foi satisfatório o desempenho das turmas. Verificou-se muitos mapas bem feitos no quesito de construção, porém, acerca do tema proposto, muitos conceitos foram usados de forma incorreta como será mencionado na análise posteriormente. Exemplos abaixo de mapas feitos na terceira aula.

---

<sup>1</sup>Lógico que existem muitas outras características que compõe o quadro de conceitos da física de partículas elementares, porém escolhemos apenas estes para que aguçassemos a curiosidade e a criatividade sobre este assunto, já que para muitos ali tal assunto nunca havia sido proposto em sala de aula e em nenhum momento de suas vidas, na pior das hipóteses teria sido abordado algo sobre átomos nas aulas de química geral. Isto faz com que o assunto não perpassasse apenas pela grade curricular da disciplina Química, pois este é um assunto que também pode/deve ser desenvolvido por professores de Física



Figura 22 – Carta modelo da partícula elementar Quark



Fonte: Própria.

Deverão ser preenchidos com as seguintes informações e quantidades descrito nas tabelas nas figuras 23 e 24

Figura 23 – Tabelas 1 para construir o baralho: nessa tabela consta a quantidade de cartas e os dados necessário para o preenchimento das cartas de quarks

Quarks					
Nome	Símbolo	Massa	Carga	Spin	Quantidade
Up	u	2,4 Mev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	35
Down	d	4,8 Mev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	35
Strange	s	104 Mev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	10
Charm	c	1,27 Gev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	10
Top	t	171,2 Gev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	10
Bottom	b	4,2 Gev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	10

Fonte: Própria.

Figura 24 – Tabelas 2 para construir o baralho: nessa tabela consta a quantidade de cartas e os dados necessário para o preenchimento das cartas de Léptons

Lepton					
Nome	Símbolo	Massa	Carga	Spin	Quantidade
Elétron	e	0,511 Mev/c <sup>2</sup>	-1	1/2	50
Múon	μ	105,7 Mev/c <sup>2</sup>	-1	1/2	10
Tau	τ	1,77 Mev/c <sup>2</sup>	-1	1/2	10
Neutrino do Elétron	ν <sub>e</sub>	2,2 eV/c <sup>2</sup>	0	1/2	10
Neutrino do Múon	ν <sub>μ</sub>	0,17 eV/c <sup>2</sup>	0	1/2	10
Neutrino do Tau	ν <sub>τ</sub>	15,5 eV/c <sup>2</sup>	0	1/2	10

Fonte: Própria.

Este foi o primeiro contato efetivo dos alunos com as partículas elementares, porém os detalhes conceituais serão introduzidos durante a confecção das cartas que será na próxima aula.

### **Diário: Quarta Aula**

Nesta etapa os alunos foram separados em grupos de 6 integrantes com o objetivo de criar um baralho com as partículas descritas na tabela acima.

As cartas moldes foram dadas para cada grupo, de modo que escrevessem as informações de acordo com as orientações da tabela, que foi impressa para facilitar o trabalho dos grupos.

A aula foi bem produtiva e muito interativa. Os grupos interagiram bastante para a construção dos baralhos. Foi obtido um bom resultado e todas as turmas conseguiram finalizar as construções sem nenhuma dificuldade.

### **4.1.6 Quinta Aula**

Aqui falamos da primeira etapa do jogo. Nessa etapa, chamada modo tutorial, o jogo é aplicado no modo básico, para que o aluno desenvolva conhecimentos básicos acerca do tema, assim obtendo um aprendizado significativo ancorando novos conhecimentos ou novos conceitos. Para entender o modo tutorial deve-se ler o anexo do manual.

### **Diário: Quinta Aula**

Na primeira etapa do jogo surgiram dúvidas sobre o funcionamento e para melhorar o entendimento foi colocado no quadro o sistema de regras do jogo utilizando um projetor. Porém algumas dúvidas persistiram e foram sanadas de mesa em mesa.

Muitos alunos conseguiram entender corretamente e ajudaram os outros a entender. Foi possível perceber muito entusiasmo por parte de alguns alunos, enquanto outros (2 ou 3) ficaram um pouco apáticos não querendo participar.

Em uma das mesas houve reclamação sobre trapaças no jogo, e detectamos que realmente um dos alunos estava escolhendo as cartas do monte errado. Deste modo recomeçamos o jogo no grupo em questão. Ao final da aula, houveram muitos pedidos para jogar novamente e pouco alunos reclamaram que não gostaram.

### **4.1.7 Sexta Aula**

Nesta subseção tratamos dos ajustes do mapa conceitual. Os mapas sobre FPE, elaborados anteriormente, devem ser entregues aos alunos. Solicite novamente que construam um mapa

com tema central FPE, porém melhorando o primeiro mapa, incluindo os novos conhecimentos adquiridos no decorrer do jogo.

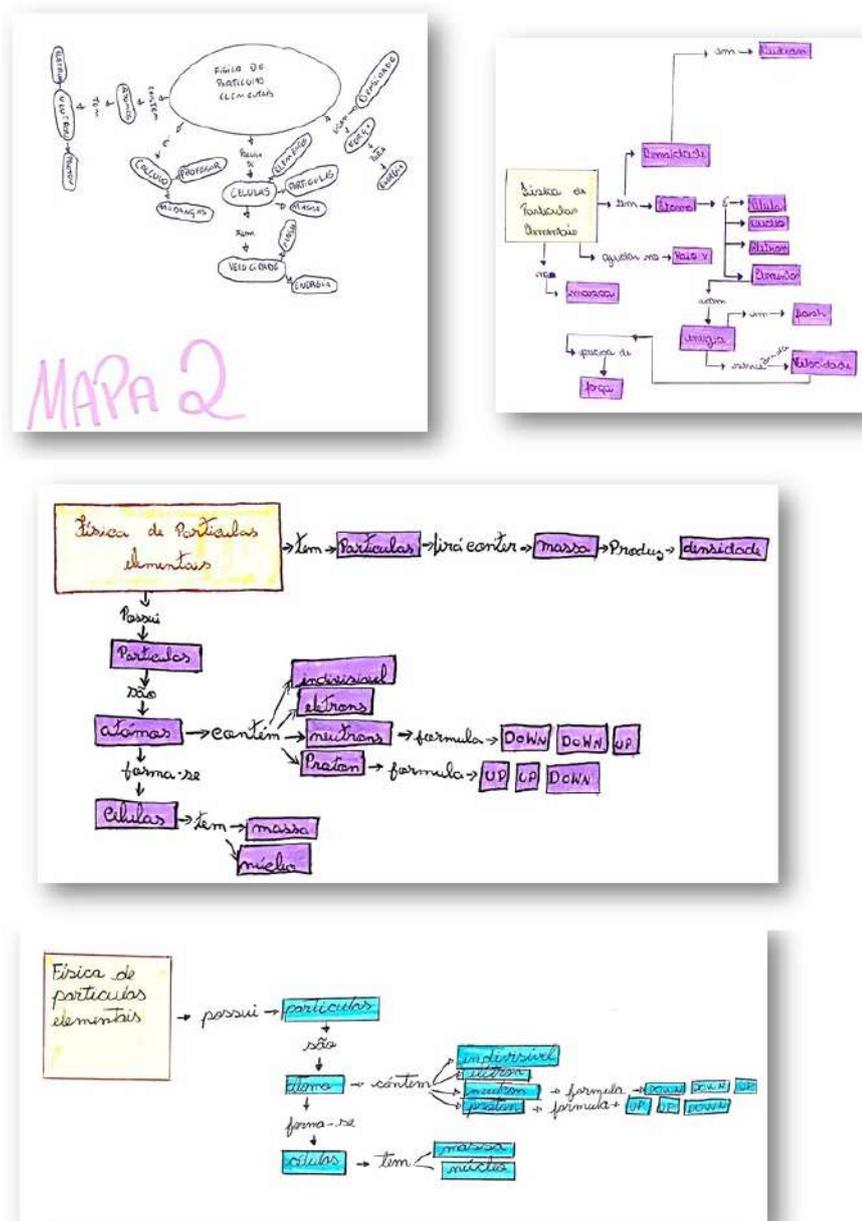
### **Diário: sexta Aula**

Pela terceira vez foi solicitada a elaboração de um mapa conceitual com o mesmo tema física de partículas elementares. Desta vez foi pedido que o aluno produzir o mapa com todo o conhecimento adquirido nas aulas anteriores, para construir um mapa com maior coerência e melhor estrutura visual.

Durante a tarefa, foi nitidamente observado que os alunos se atentaram a desenvolver mapas com melhor estrutura e com mais cuidado aos detalhes. Alguns alunos se recusaram a fazer e foram prontamente encaminhados à pedagogia para uma conversa sobre a necessidade de realizar tarefas propostas. Os mesmos construíram o mapa em um outro momento e entregaram posteriormente.

Os mapas conceituais desenvolvidos nesta etapa apresentaram qualidade muito boa e também, como veremos nos resultados, uma absorção do conhecimento sobre o tema proposto. Na figura 25, seguem alguns exemplos de mapas construídos nesta aula.

Figura 25 – Mapa 2 com tema "física de partículas elementares"



Fonte: Própria.

#### 4.1.8 Sétima Aula

Nesta subseção falaremos do Jogo no seu modo normal. Enfim, o jogo WoP pode ser aplicado em seu modo completo, separando a turma em grupos de 4 a 8 jogadores, os jogos devem ser distribuídos e, com apoio do manual, que poderá ser impresso, montados em cada mesa. O professor poderá ler as regras do jogo para todos os alunos. Nesta aplicação o objetivo é expor o conteúdo com maior detalhamento, identificando as várias interações entre partículas

elementares, proporcionando um ambiente lúdico bem como de aprendizagem.

Todas as informações de funcionamento do WoP estão contidas no anexo, o manual de jogo.

### **Diário: sétima Aula**

Nesta aula o jogo foi aplicado em sua totalidade de regras, proporcionando aos alunos maior contato com a variedade de informações que o tema oferece, havendo a inserção do tabuleiro central e o tabuleiro de pontuação individual, além de todas as informações sobre partículas elementares.

A aplicação ocorreu de forma menos turbulenta, com poucas dúvidas pois agora todas as regras estavam inseridas no tabuleiro central do jogo. As turmas em geral estavam mais calmas, com menos tumulto e menos conversa, pois havia um propósito: ganhar o jogo. Portanto, observamos que os alunos que antes não tiveram interesse em jogar, agora estavam participando e após término da atividade elogiaram o jogo. Alguns alunos perguntaram quanto "custava" o jogo, pois queriam comprá-lo e outros pediram para jogar no intervalo das aulas.

### **4.1.9 Oitava Aula**

Nesta aula, fizemos os últimos acertos do mapa. Na última aula de aplicação é preciso solicitar os últimos acertos dos mapas conceituais, desta forma, deve-se novamente distribuir a folha de A4 e os mapas anteriores sobre FPE. Agora, os alunos devem, com base em todo conhecimento obtido na sequência de aulas, construir um mapa conceitual mostrando tudo que foi aprendido sobre o tema. No final da aula pode ser distribuído um questionário de avaliação de satisfação do jogo, como mostrado figura 26.

Figura 26 – Teste de satisfação. Na escala crescente temos: muito insatisfeito, insatisfeito, neutro, satisfeito e muito satisfeito.



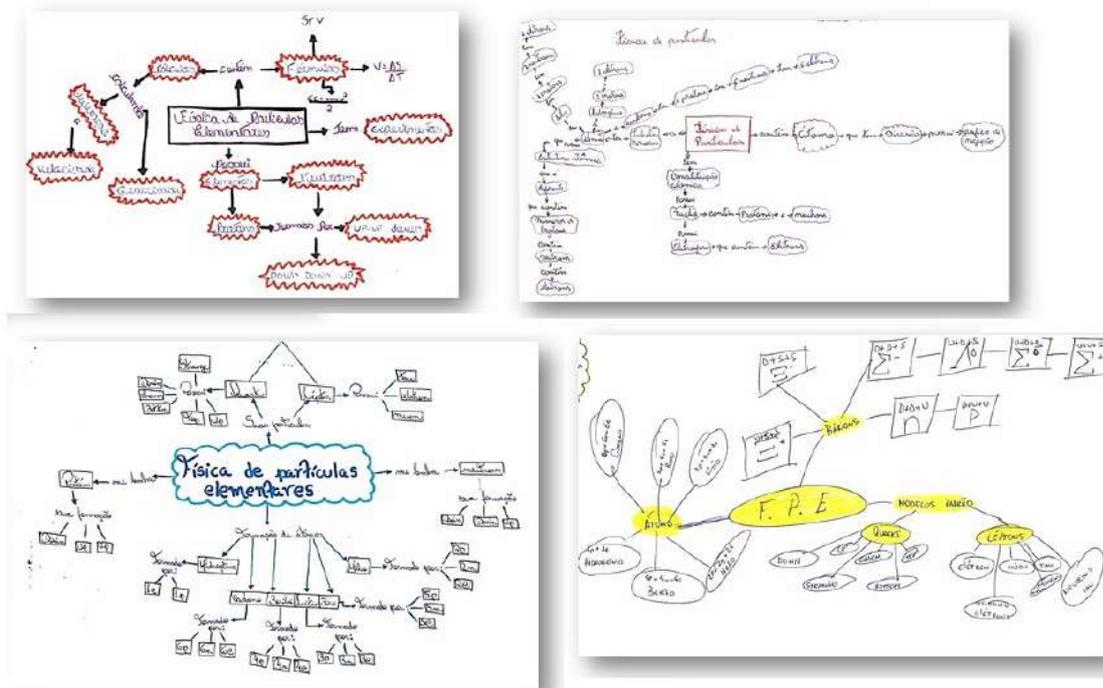
Fonte: Própria.

Estes testes são usados para fins comerciais, quando é requerido do usuário/cliente um retorno da jogabilidade do produto.

### **Diário: Oitava Aula**

A aula decorreu como esperado e os mapas foram construídos com pouquíssimas dúvidas. Todos entregaram no tempo proposto, porém os alunos estavam um pouco desanimados devido à quantidade de mapas que precisaram fazer, pois jogar foi mais interessante que fazer os mapas conceituais. Ao fim da aula, o questionário de satisfação foi entregue.

Figura 27 – Mapa 3 com tema "física de partículas elementares"



Fonte: Própria.

Em geral toda a aplicação do produto saiu como esperado. No total foram elaborados dois mapas teste e três mapas sobre FPE, como visto na figura 27. Após a entrega dos mapas, foram distribuídos os testes de satisfação. Os alunos não precisavam se identificar, somente marcar uma opção.

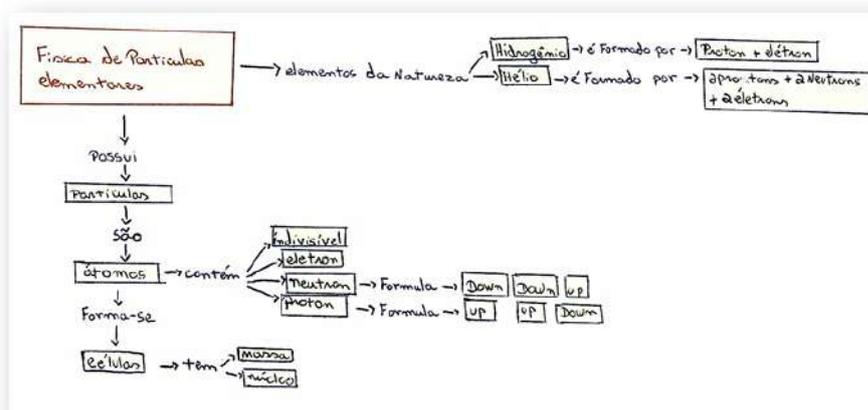
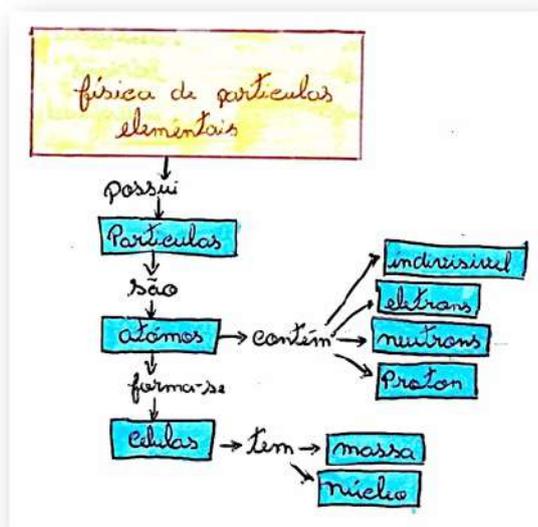
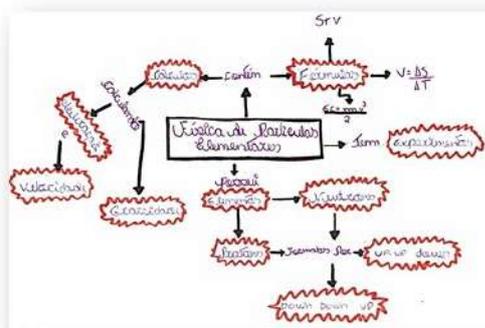
## 5 RESULTADOS

Neste capítulo vamos analisar os dados coletados das atividades que foram aplicadas no decorrer das aulas e apresentar alguns resultados obtidos. Dentre eles estão a qualidade dos mapas conceituais, a verificação de palavras utilizadas em cada aula.

No total, tivemos quatro mapas conceituais por aluno em duas turmas diferentes, totalizando duzentos e setenta e dois mapas, sendo descartados nas análises nove destes, pois os alunos não completaram todas as atividades, e os mapas de tema livre, que não são de interesse em nossa pesquisa, totalizando duzentos e quatro mapas.

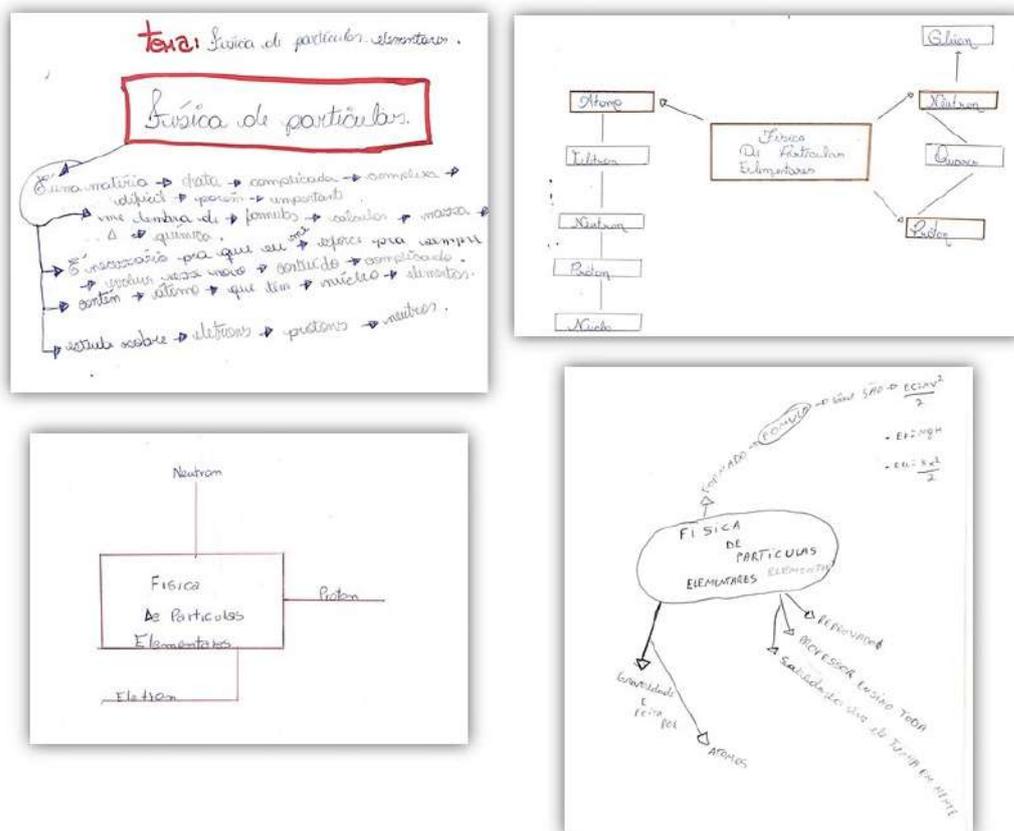
Para verificar a melhoria dos mapas iremos mostrar alguns deles para verificar a qualidade da construção e aparência. Deste modo classificamos os mapas nos seguintes quesitos: bons e ruins, visto que não é possível classificar mapas conceituais como certos ou errados. Na figura 28, vemos mapas que foram classificados como bons e os ruins na figura 29. Nesta seleção os mapas foram escolhidos entre todos os mapas de todas as turmas.

Figura 28 – Mapas como uma boa construção, contendo os conceitos, verbos de ligação e uma boa estrutura.



Fonte: Própria.

Figura 29 – Mapas ruins na construção, contendo conceitos, verbos de ligação e estrutura aplicados de forma a não consistente com mapas conceituais.



Fonte: Própria.

Para verificação da aprendizagem significativa dos alunos, foram confeccionados mapas em cada etapa do procedimento de aplicação do produto, sendo três etapas ao todo. Para investigar se houve aprendizado foram listadas e quantificadas as palavras usadas no mapa para elaborar uma nuvem de palavras proporcionando uma identificação visual do entendimento e da evolução da aprendizagem.

Nas figuras 30 e 31 são apresentados os mapas iniciais com o tema central "Física de partículas elementares". Nesta situação os alunos não tiveram nenhum contato com o tema. Com essa análise verificamos poucas palavras que se referem ao tema, evidenciando o pouco entendimento do assunto por parte dos alunos. Verificamos que palavras como prótons e nêutrons aparecem na listagem, e também fórmulas que eles já haviam visto.





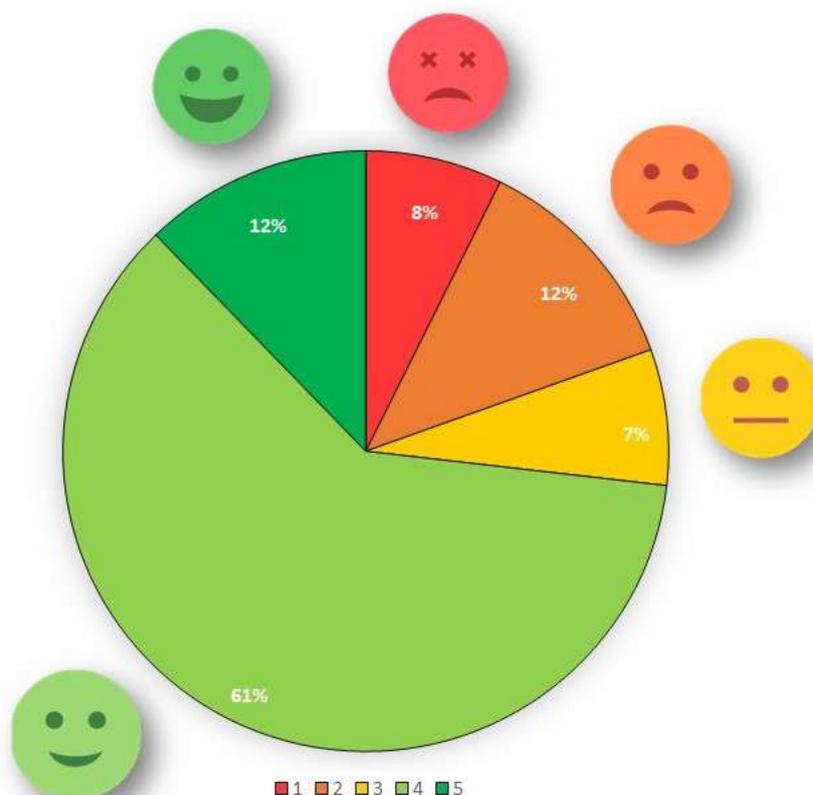




Na observação dos mapas percebe-se que inicialmente o aluno tem pouco ou nenhum conhecimento sobre Física de partículas elementares, como mostrado nas primeiras nuvens. Nos segundos mapas os alunos demonstraram uma evolução, sintetizando palavras como Down, Up, Lépton, Quarks que faz parte do conteúdo abordado em sala de aula. Já com os últimos mapas, foi possível verificar uma nova evolução, pois as palavras em destaque são todas referentes ao tema física de partículas elementares.

No fim da aplicação do produto, foi distribuído o teste de satisfação do aluno sobre o jogo desenvolvido. Com o resultado obtido por esse teste foi criado um gráfico para mostrar de forma simples a satisfação dos alunos, e está na figura 36.

Figura 36 – Gráfico obtido pelo teste de satisfação.



Fonte: Própria.

Com a análise do gráfico podemos perceber que a maioria dos alunos ficou satisfeita ou muito satisfeita com o jogo, pouco menos de um quarto do total ficou insatisfeito ou pouco satisfeito e uma pequena parte ficou neutro. Com essa análise é possível concluir que nosso produto atraiu a atenção dos alunos a ponto de agradar e ensinar.

## 6 CONCLUSÃO

Diante do exposto neste texto, percebemos que um produto educacional que envolva o tema de física de partículas no ensino médio é algo escasso. Mesmo não dispondo de muitos livros didáticos, mas nos baseando em artigos e livros citados aqui, percebemos que o nosso produto educacional, com um caráter lúdico, instrutivo e informativo, produziu um efeito satisfatório, como o da curiosidade, do sentimento de desafio e de que a física não é só feita de bloquinhos, carrinhos em movimento, termômetros ou resistores, ela descreve a natureza como um todo e muitos de seus fenômenos. Muitas vezes esse contexto é escondido no ensino básico, pois, nos parece, que a física de ensino médio precisa de alguma forma ter cálculos e álgebras. Acreditamos que isso deve ser importante, mas não só, a física de ensino médio precisa abordar conceitos amplos da natureza, como a física clássica e a quântica.

Podemos dizer que o nosso trabalho teve um resultado satisfatório, pois analisando qualitativa e quantitativamente as figuras dos gráficos de palavras, que foram prospectados a partir dos mapas conceituais, os alunos conseguiram assimilar o assunto de FPE, a partir dos conceitos que o produto nos trouxe, e à medida que as aulas foram sendo desenvolvidas e o produto foi sendo aplicado, o gráfico de palavras foi apresentando os nomes mais esperados, condizendo com as palavras que o produto trazia.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. C. B. A física na escola. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 6, n. 1, 2005.
- ALVES, L. A noção de estrutura em matemática e física. *Revista Multidisciplinar*, v. 1, 2 2010.
- ALVES, L. O jogo como recurso de aprendizagem. revista psicopedagogia. *Revista aprendizagem*, São Paulo, v. 27, p. 282–287, 2010.
- AUSUBEL, D. *Educational Psychology: A Cognitive View*. (S.l.): Holt, Rinehart and Winston. (S.l.): CRC Press, 1968.
- BRASIL. Pcnem + ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. secretaria de educação média e tecnológica. *Brasília: MEC; SEMTEC*, p. 71, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 07/09/2017>.
- BUCHWEITZ, B.; MOREIRA, M. *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o vê epistemológico*. (S.l.): Platano, 1993.
- CMAPTOOLS. *Version 6.03*. [S.l.]: IHMC. (s.n.), 2016. Disponível em: <<https://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download>>. Acesso em: 07/08/2017>.
- CSIKSZENTMIHALYI. *A descoberta do fluxo: a psicologia do envolvimento com a vida cotidiana*. Rio de Janeiro: Rocco. (S.l.): Wiley, 1999. (Physics textbook). ISBN 9783527618477.
- GRIFFITHS, D. *Introduction to Elementary Particles*. (S.l.): Wiley, 2008. (Physics textbook). ISBN 9783527618477.
- MENEZES, L. C. d. M. Uma física para o novo ensino médio. a física na escola. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 1, p. 6 – 8, 2000.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. (S.l.): Editora da UnB, 1999.
- MOREIRA, M. A. Revista brasileira de ensino de física. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 29, n. 2, p. 161–173, 2007.
- NOVAK, J. *Uma teoria de educação*. (S.l.): Pioneira, 1981.
- OSTERMANN, F. A física na escola. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 21, n. 3, p. 415, 1999.
- PESKIN M.E., S. D. V. *An Introduction To Quantum Field Theory*. (S.l.): CRC Press, 2018. ISBN 9780429972102.
- PIETROCOLA, M. et al. *Ensino médio Física em contexto (PNLD)*. (S.l.): Editora do Brasil, 2018.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, p. 78 – 83, 1992.

## APÊNDICE A - GUIA DE APLICAÇÃO

Este apêndice consiste na descrição e detalhamento das etapas em que o professor usará o jogo World of Particle (WoP). O detalhamento está disposto em nove etapas, de acordo com o que foi trabalhado em sala de aula, em que referenciaremos o manual do usuário no apêndice B. Sugerimos ao professor seguir o seu planejamento incluindo todas as etapas que apresentaremos, para que haja êxito na aplicação do produto.

### A.1 PRIMEIRA ETAPA: IMPRESSÃO DO MATERIAL

O professor deve imprimir o material para utilizar em sala de aula e a impressão, para melhor uso, deve ser colorida. Este material se encontra no final da dissertação e pode ser feito o download no seguinte endereço:

- <https://drive.google.com/open?id=1wcnjYy9jC9Jh2g91UvXPZSH2zMol-yXO> ,

Figura 37 – Quantidade de marcadores por grupo.



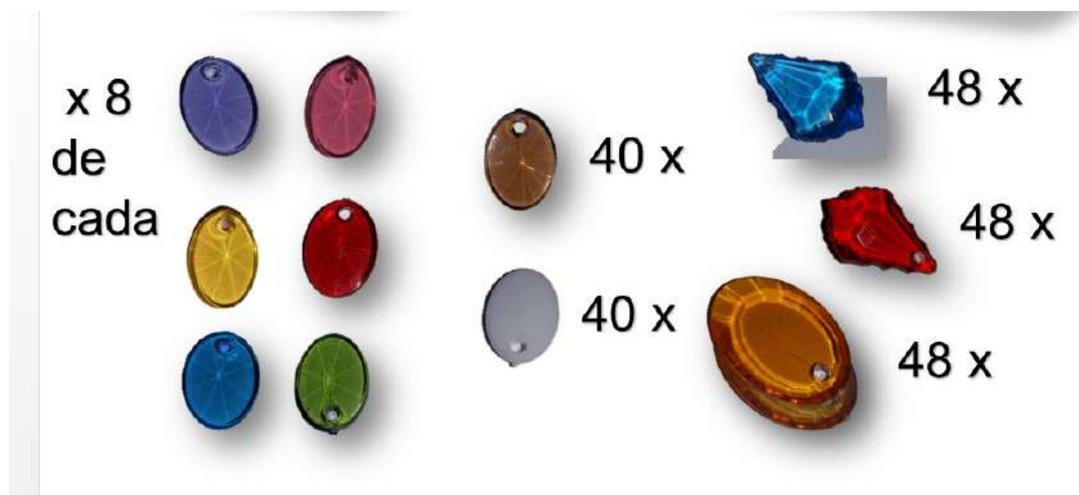
Fonte: Própria.

O Material do jogo ainda está disposto, em cópia, na mídia (DVD) anexada à dissertação.

Os materiais que devem ser adquirido e impressos são os seguintes e nas suas respectivas quantidades:

- Manual, parte 1 - 1 por grupo;
- Manual, parte 2 - 1 por grupo;
- Cartas - 124 Cartas de Quarks por Grupo;
- Cartas - 100 Cartas de Léptons por Grupo;
- Tabuleiro Central - 1 por grupo;
- Tabuleiro de Pontos - 8 por grupo;
- Tabela de cartas - 1 por grupo;
- Marcadores - Os marcadores coloridos podem ser comprados em lojas de material de artesanato ou de confecções de roupas. As quantidade são marcadas na figura 38.

Figura 38 – Quantidade de marcadores por grupo.



Fonte: Própria.

Nota: Cada grupo deve conter no máximo 8 alunos.

## **A.2 SEGUNDA ETAPA: APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA MAPA CONCEITUAL.**

Para melhor avaliar o rendimento dos alunos, sugerimos o uso de Mapas conceituais para que os conhecimentos e deficiências sejam identificados e trabalhados ao longo da aplicação do produto. Portanto, os alunos devem saber como construir mapas conceituais ao longo do processo e caso os alunos não saibam, o professor deverá ministrar uma aula sobre o assunto. O professor pode usar como referência para ministrar essa aula, o material contido no link:

•<https://www.lucidchart.com/pages/pt/como-fazer-um-mapa-conceitual>.

Sugerimos também ao professor, em um primeiro momento, pedir aos alunos que confeccionem os mapas conceituais em folha de papel e em seguida utilizar o software "Cmaps Tools", que é de fácil acesso, gratuito e de uso simples e intuitivo. Segue o link para download:

•<https://cmap.ihmc.us/>

Estes links são permanentes e usados por vários educadores, professores e profissionais da área de educação e ensino. Abaixo segue os passos para construção de mapa conceitual:

**1º.** Escolha do tema: A escolha do tema pode ser feita na hora, adotando um tema que todos conheçam, ou pode ser feita através de uma votação.

**2º.** *Brainstorm* (tempestade de ideias): é preciso que sejam listadas no quadro as palavras relacionadas com o tema proposto. Os alunos devem dizer quais as palavras possuem alguma relação com o tema central escolhido no primeiro passo.

**3º.** Separação de palavras mais importantes: Observar e marcar as palavras que melhor se relacionam com o tema central e as que menos têm relação (sugestão circular ou sublinhar).

**4º.** Construção do mapa: Na construção é necessário escrever o tema central no centro do quadro e ligar os conceitos mais importantes, sempre colocando o verbo de ligação entre os conceitos para dar sentido à ligação. Por fim, ligar os conceitos menos importantes e descartar os que não serão usados.

## **A.3 TERCEIRA ETAPA: CONSTRUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COM TEMA LIVRE.**

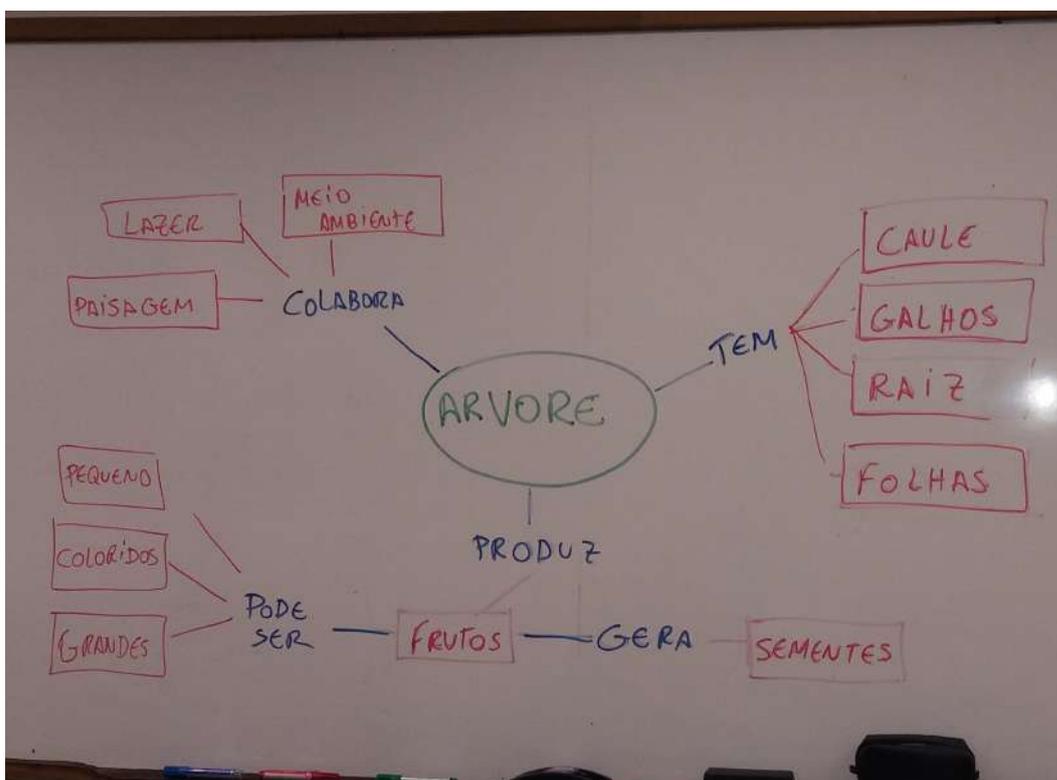
Essa etapa pode ser pulada caso o aluno já esteja habituado a elaborar mapas conceituais.

Para iniciar as atividades e avaliar se os alunos estão utilizando corretamente a ferramenta de mapa conceitual, peça para que os alunos criem um mapa com tema livre. Por exemplo: fute-

bol; natureza; jogos; ETC. Caso preferir, o professor pode criar um único mapa conceitual em conjunto com os alunos.

Segue um exemplo de mapa conceitual que foi registrado durante o trabalho de aplicação do produto, e que encontra na figura (39).

Figura 39 – Exemplo do mapa construído em sala de aula com o tema central Arvore.



Fonte: Própria.

Sugerimos que o leitor leia a dissertação para que se aproprie dos processos e procedimentos usados durante a aplicação do produto

#### **A.4 QUARTA ETAPA: ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COM TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES.**

A avaliação foi dividida em três etapas. Nessa avaliação inicial o professor deve pedir aos alunos para elaborarem um mapa onde o tema central será física de partículas. Para ajudar os alunos nessa criação o professor deve fazer um *Brainstorm* em conjunto com a turma, colocando as palavras chave no quadro, deste modo que os alunos vão ter alguns conceitos de referências

para criação dos seus mapas. Colocar palavras como quarks, léptons, up, down, bóson, férmions, elétrons, átomos, entre outras, mesmo o aluno não reconhecendo inicialmente, serve para estimular os alunos a usar conceitos mais elaboradas e para despertar curiosidade sobre o tema de FPE. Essa Etapa serve para verificar se o aluno tem algum conhecimento prévio do tema em questão.

Nessa situação tende a ser o primeiro contato que deve nortear a aplicação do produto, para que o aluno comece a se acostumar com tais palavras, que para muitos, são vistos apenas em noticiários, internet, redes sociais, jornais, lugares que, muitas das vezes, não possuem e nem fornecem nenhum aparato pedagógico. A presença do professor de física é fundamental neste momento.

## **A.5 QUINTA ETAPA: PREENCHIMENTO DOS DADOS DAS CARTAS.**

Essa atividade tem como objetivo didático organizar algumas ideia de FPE, nesse caso a atividade vai funcionar com organizador prévio para os alunos para isso o professor dever auxiliar os alunos fazer o preenchimento dos dados das cartas para poder criar baralho do jogo. Para isso a turma deverá ser dividida em grupos, onde cada grupo dever conter no máximo oito (8) alunos. Com o material impresso (cartas), os alunos devem colocar as seguintes informações como mostras as figuras 40 e 41, cada Quark possui seu denominado simbolo, massa, carga, spin e a ultima parte da tabela temos a quantidade de cartas daquele tipo que tem que ser preenchida. No total temos 110 cartas, note que nas indicações da primeira etapa, impressão do material, pede-se para imprimir 124 as cartas, as cartas sobressalente devem ser usada caso alguma delas seja danificada ou preenchida de modo errado.

Figura 40 – Tabelas 1 para construir o baralho: nessa tabela consta a quantidade de cartas e os dados necessário para o preenchimento das cartas de quarks

Quarks					
Nome	Símbolo	Massa	Carga	Spin	Quantidade
Up	u	2,4 Mev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	35
Down	d	4,8 Mev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	35
Strange	s	104 Mev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	10
Charm	c	1,27 Gev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	10
Top	t	171,2 Gev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	10
Bottom	b	4,2 Gev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	10

Fonte: Própria.

Figura 41 – Tabelas 2 para construir o baralho: nessa tabela consta a quantidade de cartas e os dados necessário para o preenchimento das cartas de Léptons

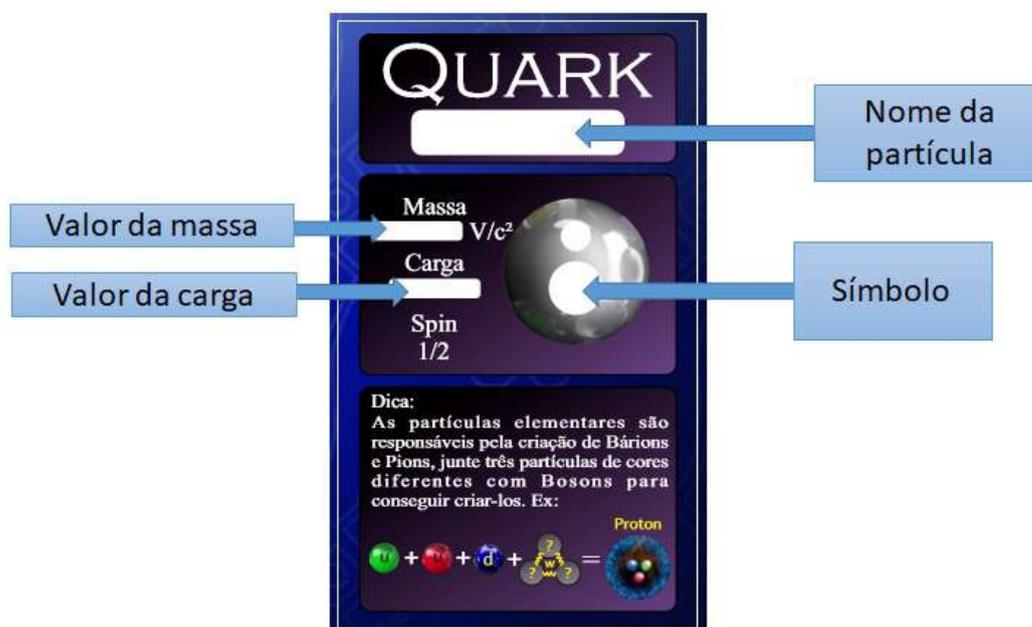
Lepton					
Nome	Símbolo	Massa	Carga	Spin	Quantidade
Elétron	e	0,511 Mev/c <sup>2</sup>	-1	1/2	50
Múon	μ	105,7 Mev/c <sup>2</sup>	-1	1/2	10
Tau	τ	1,77 Mev/c <sup>2</sup>	-1	1/2	10
Neutrino do Elétron	ν <sub>e</sub>	2,2 eV/c <sup>2</sup>	0	1/2	10
Neutrino do Múon	ν <sub>μ</sub>	0,17 eV/c <sup>2</sup>	0	1/2	10
Neutrino do Tau	ν <sub>τ</sub>	15,5 eV/c <sup>2</sup>	0	1/2	10

Fonte: Própria.

O total de cartas e as informações a serem usadas, está listada nas tabelas das figuras 41 e 40. Com a tabela impressa, projetada ou escrita no quadro (a critério do professor aplicador do produto), os alunos poderão observar e construir as quantidades corretas para seu baralho.

Como dissemos no parágrafo anterior, os alunos deverão usar as tabelas das figuras 41 e 40 para preencher os dados que estão em branco na carta mostrada na figura 42, de acordo com o número de cartas indicado na última coluna chamada "Quantidade". Como o Spin de todas as partículas são  $1/2$  o valor já está impresso nas cartas.

Figura 42 – Carta modelo da partícula elementar Quark



Fonte: Própria.

Percebe-se, e o professor deve trabalhar os números de cada coluna, que, todas as partículas são férmions, por terem spin semi-inteiro e todos os valores são de extrema importância para a dinâmica da jogabilidade.

## A.6 SEXTA ETAPA: JOGAR O MODO INICIANTE DO JOGO WOP.

O jogo WOP possui dois modos de jogo o iniciante onde o jogo é simplificado e o modo normal onde existe mais mecânicas de jogo. Nessa etapa vamos usar o jogo no modo tutorial, para isso o professor deverá disponibilizar para cada grupo o manual de regras que contém dois modos de jogo. Os alunos devem ler o manual onde explica o jogar o modo tutorial. O professor

deve saber as regras do jogo pois, pois ele tem com função auxiliar no entendimento do jogo e na sua dinâmica e jogabilidade, deste modo deve esta ter lido o material previamente. As regras para esse modo de jogo se encontram nas páginas 5 a 9 do manual.

O manual pode ser encontrado no próximo apêndice dissertação, no DVD em anexo ou no link:

•<https://drive.google.com/open?id=1wcnjYy9jC9Jh2g91UvXPZSH2zMol-yXO> ,

Essa etapa busca o envolvimento do aluno por se tratar de uma atividade lúdica. O jogo modo tutorial traz uma abordagem de criação de partículas de modo simplificado, aqui podemos entender melhor como são as estruturas dos átomos e tratar melhor as estruturas mais elementares como as formações de prótons e nêutrons. Para um melhor entendimento ver as figuras 43,44,45,46 e 47 que traz as paginas do manual.

Figura 43 – Manual Pagina 5

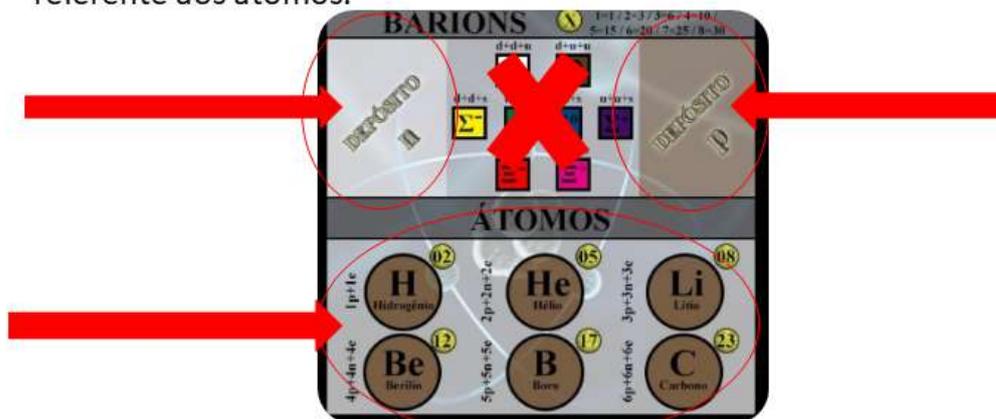
Modo Iniciante.png

**MODO INICIANTE**

05



Nesse modo de jogo não é utilizado o tabuleiro central, e do tabuleiro de pontuação usaremos apenas a parte de baixo referente aos átomos.



Dos marcadores serão usados o branco e marrom redondos e o laranja maior, como na figura abaixo.



Além disso, todas as cartas de física de partículas elementares.



O jogo consiste em construir os átomos de Hidrogênio, Hélio, Boro, Berílio e Carbono.

Fonte: Própria.

Figura 44 – Manual Pagina 6

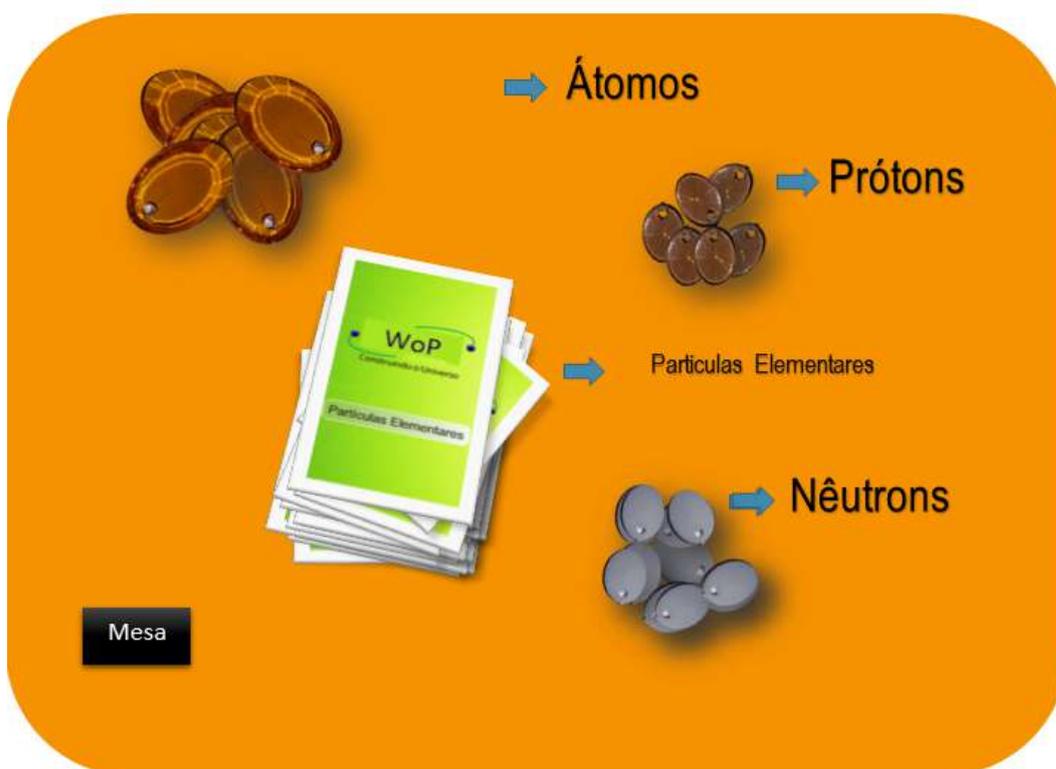
Modo Iniciante 2.png

**MODO INICIANTE**

06



Início de Jogo: Separe e embaralhe todas as cartas de física de partículas (QUARKS e LEPTONS) e coloque no centro da mesa. Ao lado das cartas, coloque o marcadores indicados anteriormente como representado abaixo.



Cada jogador utilizará um tabuleiro de pontuação (lembrando que apenas a parte indicada anteriormente será utilizada).

Fonte: Própria.

Figura 45 – Manual Pagina 7

## Modo Iniciante 3.png

## MODO INICIANTE

07



Funcionamento do jogo: Cada jogador inicia com 07 cartas na mão. Sempre que voltar na sua vez, o jogador deve completar a sua mão até chegar no limite de 07 cartas.

O jogo tem como objetivo criar partículas e como os átomos são feitos de prótons, nêutrons e elétrons, cada jogador deve juntar as cartas de partículas elementares para formar prótons e nêutrons.



Os jogadores acumularão prótons e nêutrons para formar os núcleos dos Átomos.

## Exemplo:



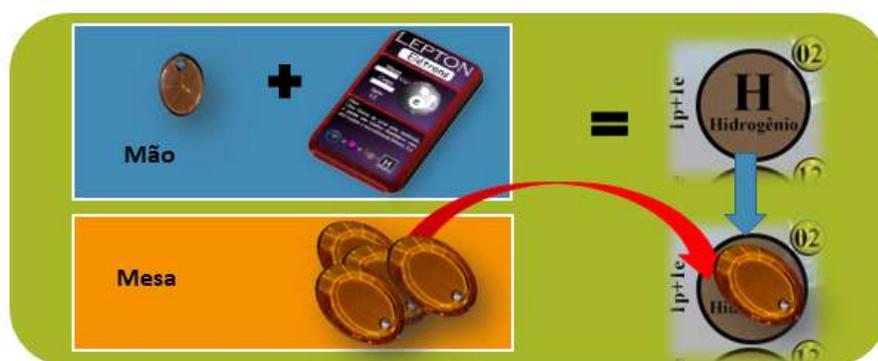
Fonte: Própria.

Figura 46 – Manual Pagina 8

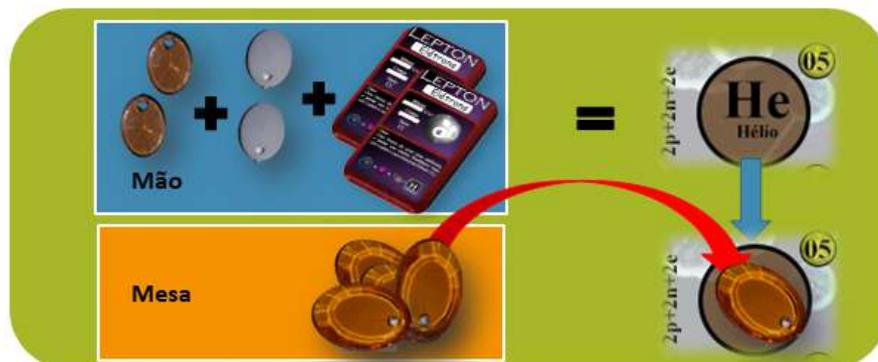
Modo Iniciante 4.png

**MODO INICIANTE****08**

Por fim, para formar o átomo, o núcleo precisa de seus elétrons. Para criá-los, o jogador deve buscar essa partícula elementar em suas cartas, juntamente com a quantidade especificada em cada estrutura atômica (esse valor é indicado no tabuleiro de pontuação). Ao finalizar esse processo, o jogador garante sua pontuação, a qual será marcada com o marcador laranja.



Exemplo 01 : Para formar um hidrogênio é preciso a combinação de um próton (núcleo) e um elétron. Como vimos acima, após formar um próton com as partículas elementares é possível combiná-lo com outra partícula em mão e criar um hidrogênio, que vale 02 pontos.



Exemplo 02 : Já para obter um hélio, que vale 05 pontos, deverão ser combinado 02 prótons, 02 nêutrons e 02 elétrons.

Fonte: Própria.

Figura 47 – Manual Pagina 9

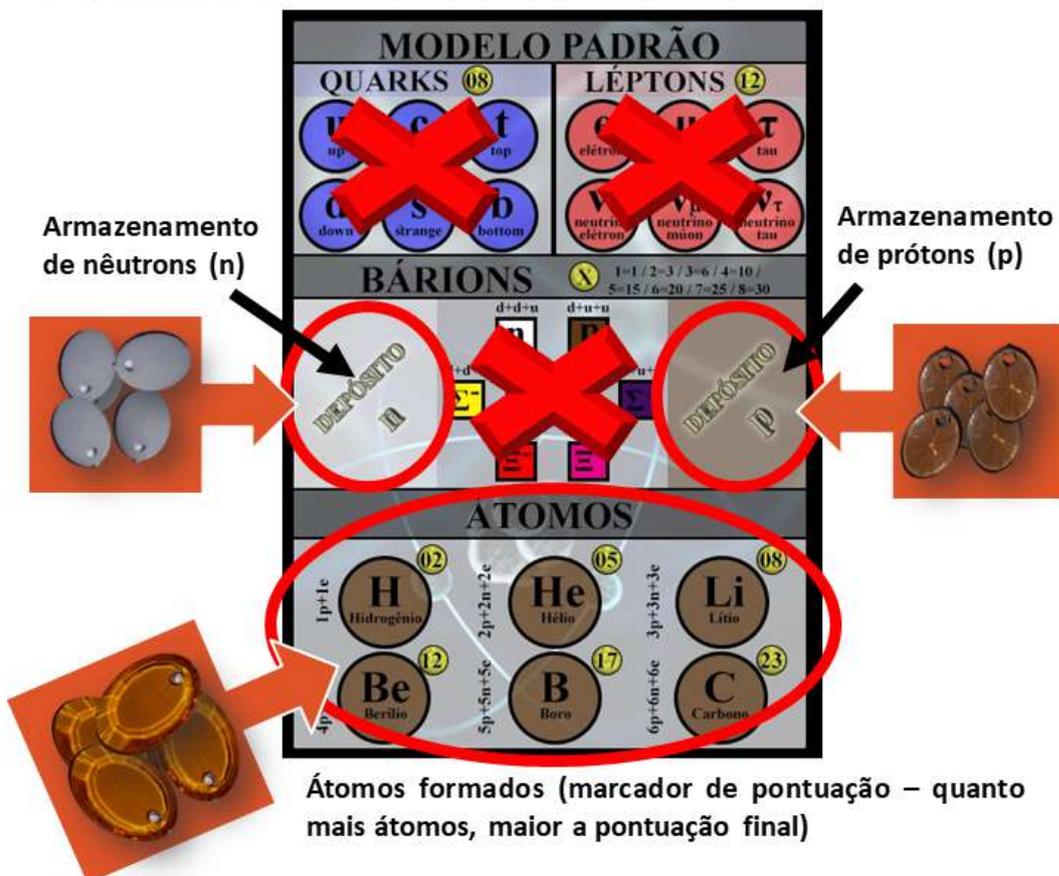
Modo Iniciante 5.png

**MODO INICIANTE**

09


**Tabuleiro de Pontuação**

Como vimos anteriormente, usaremos apenas a parte inferior do tabuleiro e os depósitos de prótons e nêutrons. (regiões circuladas).



Final do jogo: Existem duas formas de terminar a partida, com o tempo estipulado no início do jogo normalmente variando entre 40 minutos a 100 minutos, ou pode se optar pelo término das cartas (essa escolha deve ser feita no início do jogo). Ao final do jogo, conta-se a pontuação de cada jogador e vence quem tiver mais pontos. Se houver empate, o vencedor é quem tiver o átomo com o maior número de prótons, se caso ainda tiver empate vence quem tiver a maior quantidade de partículas exóticas (Bárions).

Fonte: Própria.

## **A.7 SÉTIMA ETAPA: : ELABORAÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COM TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES.**

Para poder ter uma avaliação progressiva da aplicação, deve-se pedir aos alunos para elaborar novamente um mapa com tema central física de partícula elementares. Este material produzido serve para uma avaliação intermediária para que no final possa ser feita uma análise do possível aprendizado.

## **A.8 OITAVA ETAPA: JOGAR O MODO NORMAL DO JOGO WOP.**

Nesta etapa, o professor deve separar os grupos novamente e solicitar que os alunos façam a releitura do manual, mas agora, o objetivo é compreender o funcionamento do jogo no modo normal. Nas páginas de 10 a 16 está explicando o modo normal do jogo WOP. As páginas referentes ao manual se encontram nas figuras 48, 49, 50, 51, 52, 53 e 54,

Figura 48 – Manual Pagina 10

Modo Normal 1.png

## MODO NORMAL



Neste modo de jogo todos os tabuleiros são utilizados, bem como todas as cartas e marcadores.



**Tabuleiros**



**marcadores**



**Cartas**

Fonte: Própria.

Figura 49 – Manual Pagina 11

## Modo Normal 2.png

## MODO NORMAL



Início de jogo: Coloque o tabuleiro central na mesa. Separe e embaralhe todas as cartas de física de partículas (QUARKS e LEPTONS), e coloque ao lado do tabuleiro central. Entregue o tabuleiro de pontuação para os jogadores e coloque as partículas como indicado abaixo, tendo como referência as cores do tabuleiro de pontuação para colocar as partículas no centro do colisor.



Funcionamento do jogo: Cada jogador inicia com 07 cartas na mão. Sempre que voltar na sua vez, o jogador deve completar a sua mão até chegar no limite de 07 cartas.

Fonte: Própria.

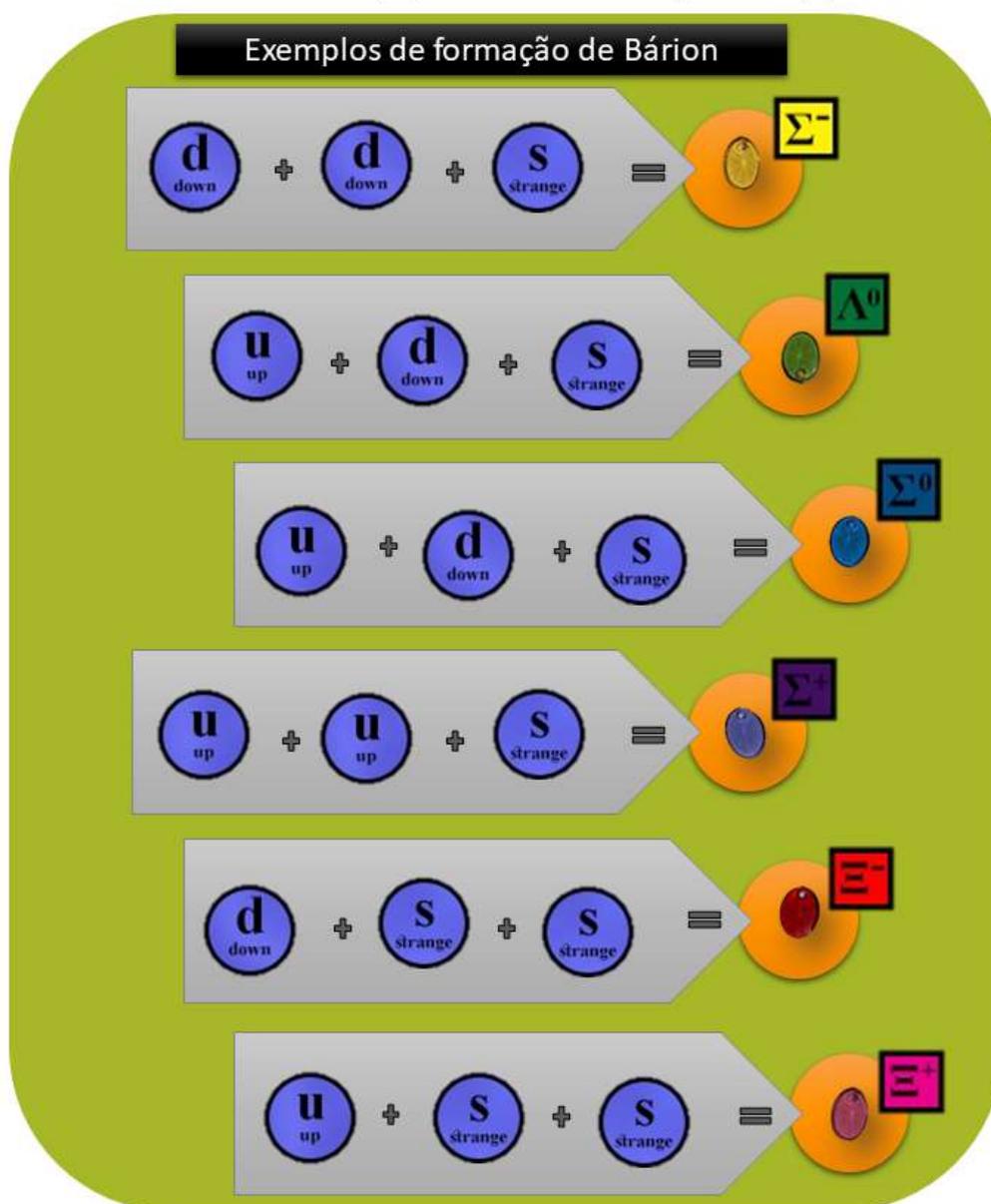
Figura 50 – Manual Pagina 12

## Modo Normal 3.png

## MODO NORMAL



O jogo tem como objetivo criar partículas e como os átomos são feito de prótons, nêutrons e elétrons, cada jogador deve juntar as cartas de partículas elementares para formar prótons e nêutrons. Entretanto, diferente do modo iniciante, é possível criar outras partículas, que são:



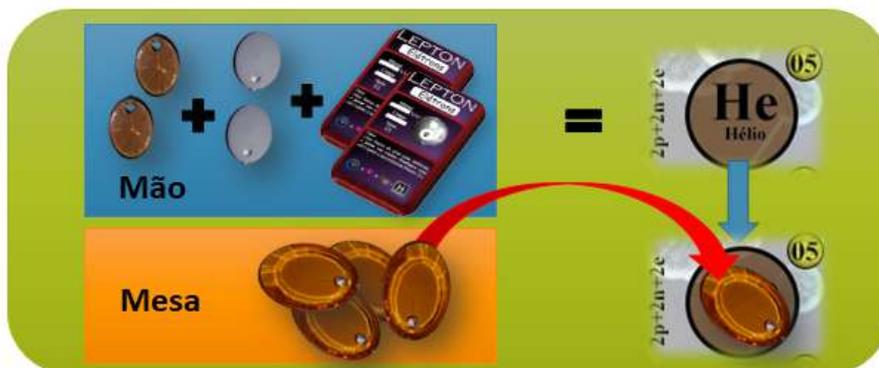
Fonte: Própria.

Figura 51 – Manual Pagina 13

Modo Normal 4.png

**MODO NORMAL** 13 

Da mesma forma que o modo iniciante, os átomos são formados juntando-se um núcleo (prótons e nêutrons) com elétrons, como segue abaixo:



O diferencial desse modo é que temos outras formas de pontuar. Agora temos quatro campos diferentes para pontuação e cada um deles tem sua regra específica.

MODELO PADRÃO																					
<p><b>QUARKS</b> (08)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>u up</td> <td>c charm</td> <td>t top</td> </tr> <tr> <td>d down</td> <td>s strange</td> <td>b bottom</td> </tr> </table>	u up	c charm	t top	d down	s strange	b bottom	<p><b>LÉPTONS</b> (12)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>e elétron</td> <td>μ muon</td> <td>τ tau</td> </tr> <tr> <td>ν<sub>e</sub> neutrino elétron</td> <td>ν<sub>μ</sub> neutrino muon</td> <td>ν<sub>τ</sub> neutrino tau</td> </tr> </table>	e elétron	μ muon	τ tau	ν <sub>e</sub> neutrino elétron	ν <sub>μ</sub> neutrino muon	ν <sub>τ</sub> neutrino tau								
u up	c charm	t top																			
d down	s strange	b bottom																			
e elétron	μ muon	τ tau																			
ν <sub>e</sub> neutrino elétron	ν <sub>μ</sub> neutrino muon	ν <sub>τ</sub> neutrino tau																			
<p><b>BÁRIONS</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">d+d+s</td> <td colspan="2">d+u+u</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>p</td> <td>Δ</td> <td>Σ</td> </tr> <tr> <td>Σ<sup>+</sup></td> <td>Σ<sup>0</sup></td> <td>Σ<sup>-</sup></td> <td>Σ<sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Ξ<sup>0</sup></td> <td>Ξ<sup>-</sup></td> <td>Ξ<sup>0</sup></td> <td>Ξ<sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Ω<sup>-</sup></td> <td>Ω<sup>-</sup></td> <td>Ω<sup>-</sup></td> <td>Ω<sup>-</sup></td> </tr> </table>		d+d+s		d+u+u		n	p	Δ	Σ	Σ <sup>+</sup>	Σ <sup>0</sup>	Σ <sup>-</sup>	Σ <sup>-</sup>	Ξ <sup>0</sup>	Ξ <sup>-</sup>	Ξ <sup>0</sup>	Ξ <sup>-</sup>	Ω <sup>-</sup>	Ω <sup>-</sup>	Ω <sup>-</sup>	Ω <sup>-</sup>
d+d+s		d+u+u																			
n	p	Δ	Σ																		
Σ <sup>+</sup>	Σ <sup>0</sup>	Σ <sup>-</sup>	Σ <sup>-</sup>																		
Ξ <sup>0</sup>	Ξ <sup>-</sup>	Ξ <sup>0</sup>	Ξ <sup>-</sup>																		
Ω <sup>-</sup>	Ω <sup>-</sup>	Ω <sup>-</sup>	Ω <sup>-</sup>																		
<p><b>ÁTOMOS</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1p+1e <b>H</b> Hidrogênio (02)</td> <td>2p+2n+2e <b>He</b> Hélio (05)</td> <td>3p+3n+3e <b>Li</b> Lítio (08)</td> </tr> <tr> <td>4p+4n+4e <b>Be</b> Berílio (12)</td> <td>5p+5n+5e <b>B</b> Boro (17)</td> <td>6p+6n+6e <b>C</b> Carbono (23)</td> </tr> </table>		1p+1e <b>H</b> Hidrogênio (02)	2p+2n+2e <b>He</b> Hélio (05)	3p+3n+3e <b>Li</b> Lítio (08)	4p+4n+4e <b>Be</b> Berílio (12)	5p+5n+5e <b>B</b> Boro (17)	6p+6n+6e <b>C</b> Carbono (23)														
1p+1e <b>H</b> Hidrogênio (02)	2p+2n+2e <b>He</b> Hélio (05)	3p+3n+3e <b>Li</b> Lítio (08)																			
4p+4n+4e <b>Be</b> Berílio (12)	5p+5n+5e <b>B</b> Boro (17)	6p+6n+6e <b>C</b> Carbono (23)																			

Completar os 6 Quarks (8 pontos).

Completar os 6 Léptons (12 pontos).

Pontuação por partículas diferentes.

1=1 / 2=3 / 3=6 / 4=10 / 5=15 / 6=20 / 7=25 / 8=30

Para cada Bárion diferente feito, um ponto é atribuído.

Cada átomo tem seu valor de pontuação específico.

Fonte: Própria.

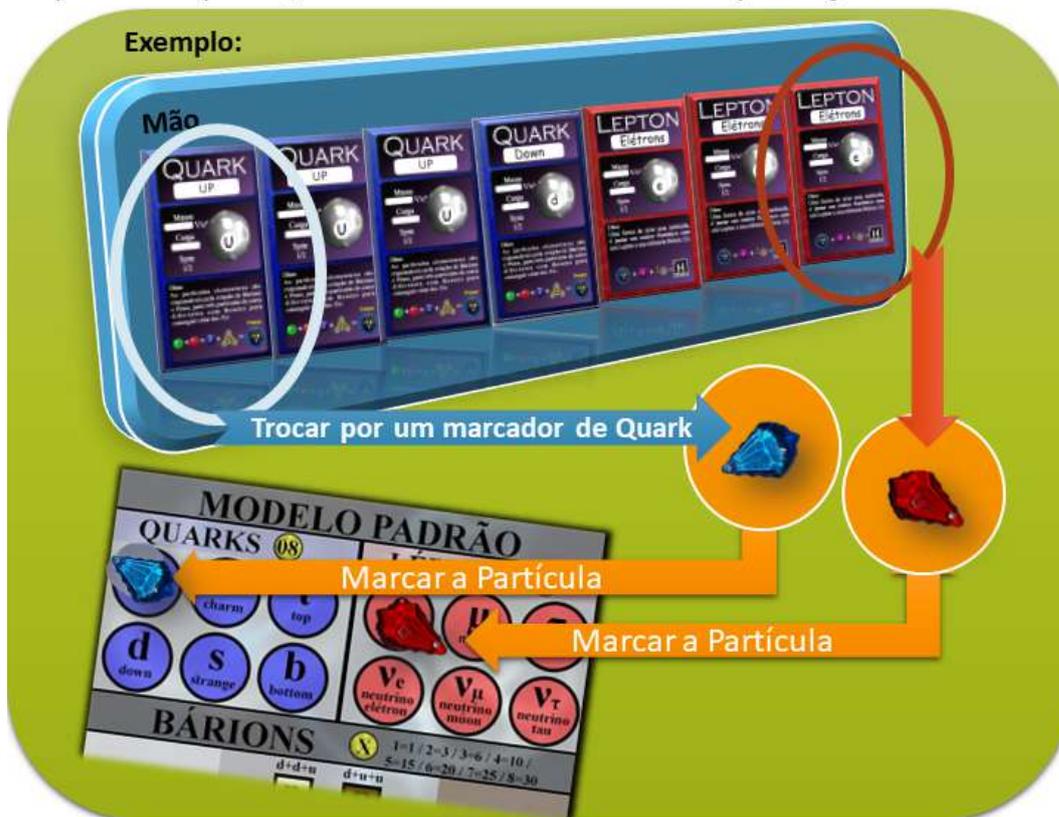
Figura 52 – Manual Pagina 14

Modo Normal 5.png

## MODO NORMAL



Como ganhar o jogo? O jogadores tem que conseguir a maior quantidade possível de pontos, vamos mostra os mecanismos de pontuação:



Pontuar com os Quarks: Para conseguir a pontuação dos Quarks (8 Pontos), o jogador deverá preencher todos as partículas elementares dos tabuleiro de pontuação (Up, Down, Strange, Charm, Top e Bottom. Cada partícula é necessário que o jogador descarte a partícula em questão e marcar com o marcador Azul (  )



Fonte: Própria.

Figura 53 – Manual Pagina 15

## Modo Normal 6.png

**MODO NORMAL** 15 

Pontuar com os Léptons: Para conseguir a pontuação dos Léptons (12 Pontos), o jogador deverá preencher todos as partículas elementares dos tabuleiro de pontuação (Elétrons, Múons, tau, Neutrino do Elétrons, Neutrino Múons, Neutrion de Tau) do . Para cada partícula é necessário que o jogador descarte a partícula em questão e marcar com o marcador Vermelho (  )



The diagram shows two boards labeled 'LÉPTONS 12'. The left board has six cards: e (elétron), μ (múon), τ (tau), ν<sub>e</sub> (neutrino elétron), ν<sub>μ</sub> (neutrino múon), and ν<sub>τ</sub> (neutrino tau). An arrow points to the right board, which has the same six cards but each is covered by a red chip. To the right of the boards is an equals sign followed by '12 Pontos'.

**OBS:** Caso o jogador não completar todas as partículas ele não pontuara, e não poderá de forma algumas usar esses marcadores para construir Bárions.

Pontuar com os Bárions: Para pontuar com Bárions o jogador deve conseguir a maior variedade possível dessa partículas, dentre ele temos o prótons e nêutrons, que são os únicos Bárions que o jogador pode acumular (colocar o acúmulo no deposito referente a cada), conseguir o marcador das recentes partículas deve juntar a combinação correta (exemplos na pag 7 e 12).

**BÁRIONS** 1=1 / 2=3 / 3=6 / 4=10 / 5=15 / 6=20 / 7=25 / 8=30

DEPÓSITO DEPÓSITO

n p

↑ ↓

↑ ↓

↑ ↓

↑ ↓

↑ ↓

↑ ↓

**BÁRIONS** 1=1 / 2=3 / 3=6 / 4=10 / 5=15 / 6=20 / 7=25 / 8=30

DEPÓSITO DEPÓSITO

n p

↑ ↓

↑ ↓

↑ ↓

↑ ↓

↑ ↓

↑ ↓

QUARK UP QUARK UP QUARK DOWN

Descarta

Pega

Nesta caso o jogador esta obtendo apenas 1 ponto

Fonte: Própria.

Figura 54 – Manual Pagina 16

## Modo Normal 7.png



Abaixo outro exemplo de um partida mais avançada.

The screenshot shows the 'MODELO PADRÃO' game interface with the following sections:

- QUARKS (08):** A 2x2 grid of blue quark icons.
- LEPTONS (12):** A 2x2 grid of red lepton icons, including  $\tau$ ,  $\nu_{\mu}$ , and  $\nu_{\tau}$ .
- BÁRIONS:** A grid of various baryon icons.
- ÁTOMOS:** A grid of atom icons including Be (4p+4n+4e), He (2p+2n+2e), B (5p+5n+5e), and C (6p+6n+6e).

Annotations and callouts:

- Blue callout:** O jogador esta obtendo 8 pontos por completa os Quarks.
- Red callout:** O jogador não esta fazendo nenhum ponto. (não esta completo)
- Yellow callout:** Para cada partícula nos deposito o jogador ganha 1 ponto, neste caso totaliza 4 pontos.
- Green callout:** Nesta situação o jogador esta obtendo 5 Barions diferentes, por este motivo sua pontuação é de 15 pontos

Já a pontuação dos átomos funciona exatamente como no modo inicial, cada átomo formado tem seu valor respectivo, para este caso temos 3 hidrogênios (  $2 \times 3 = 6$  Pontos ) e um Lítio que vale 8 pontos. Totalizando 14 pontos.

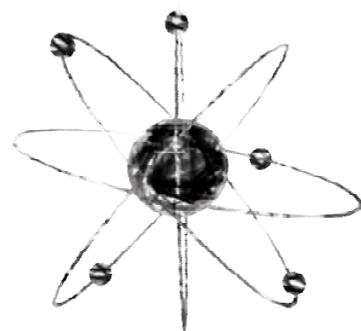
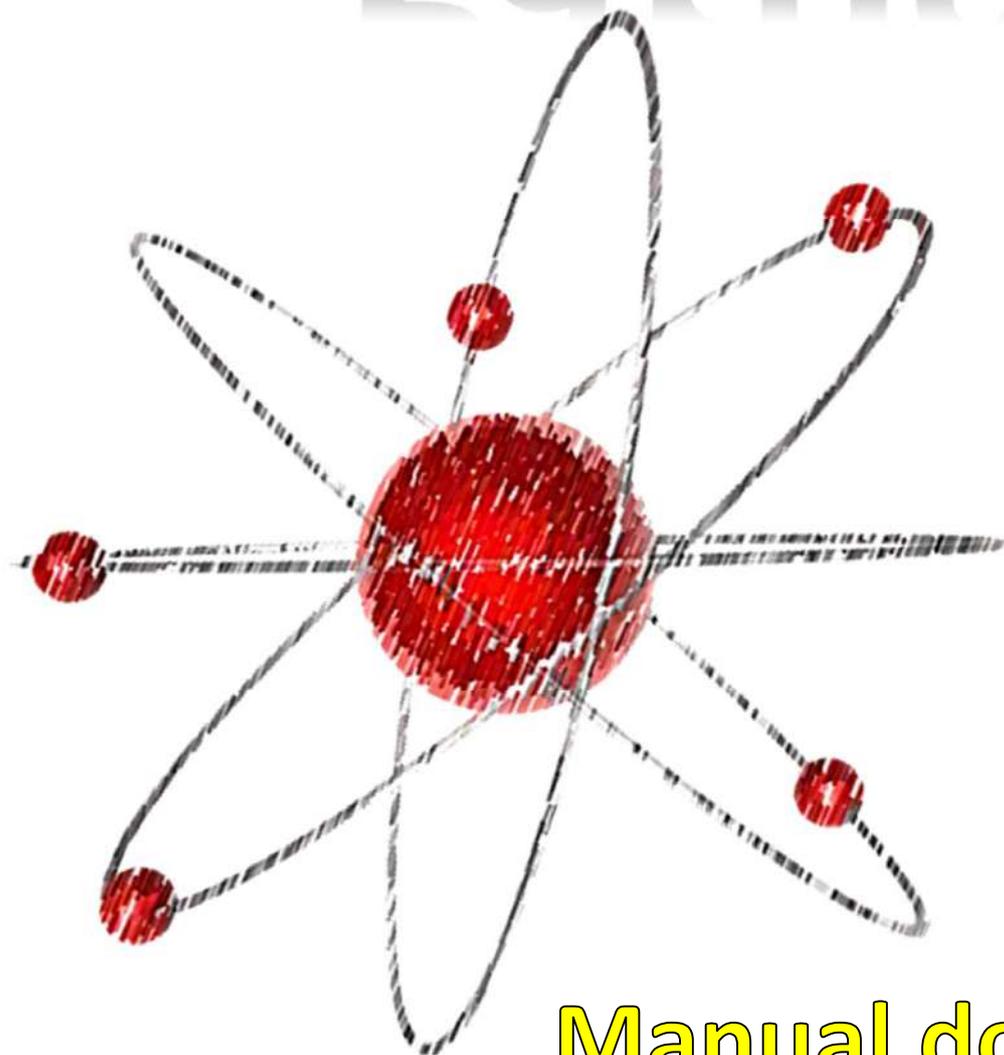
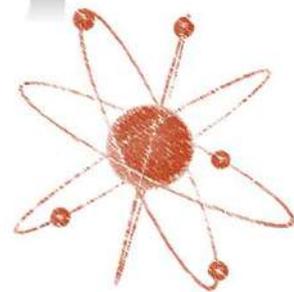
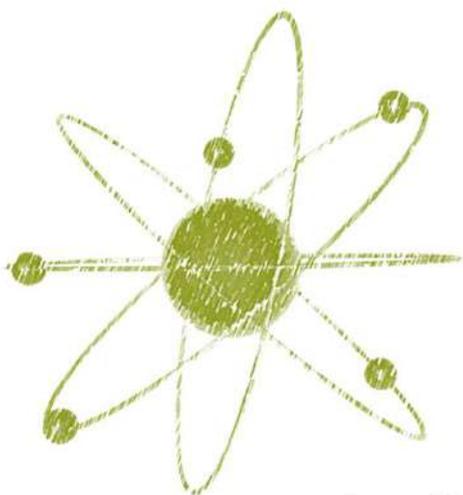
**Fim de jogo: Vence o jogador com maior pontuação no final da partida.**



## **APÊNDICE B - MANUAL DO JOGO WoP**

Neste apêndice, iremos dispor o manual do Jogo World of Particle (WoP) como parte do produto educacional descrito no apêndice anterior.

# World of Particles

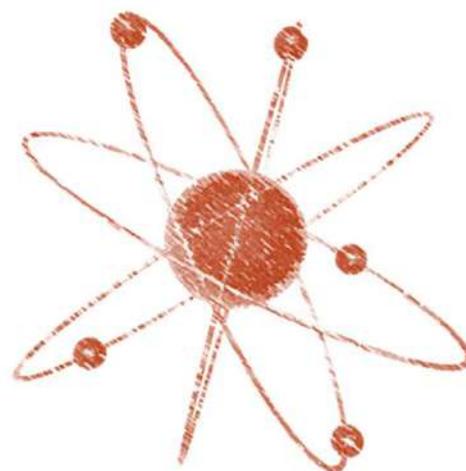


Manual do Jogo



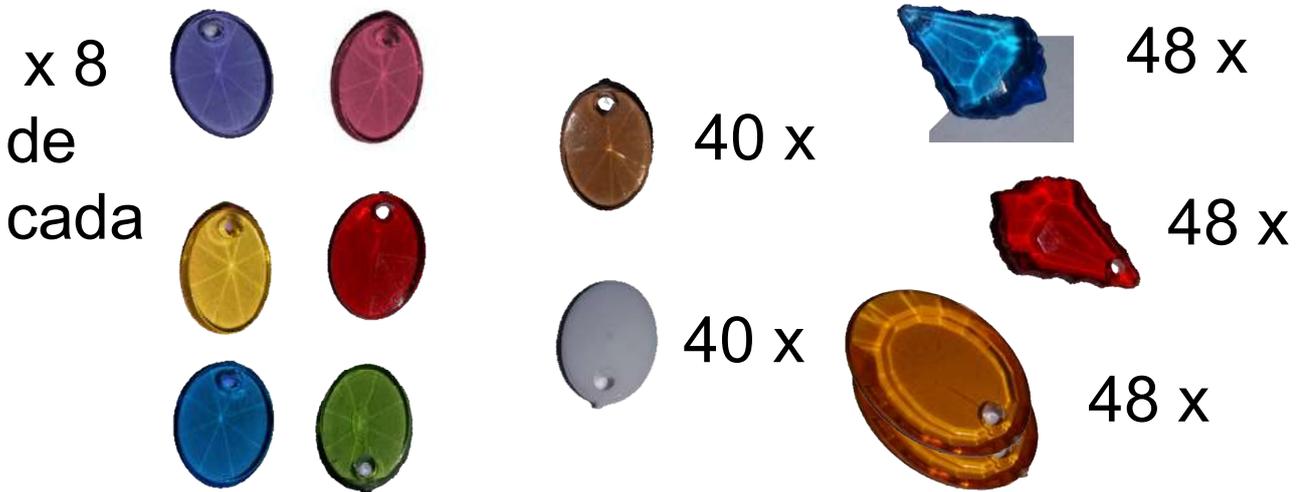
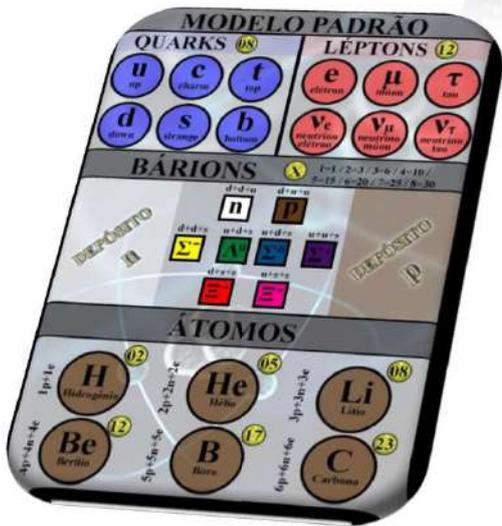
## O que esperar de *World of Particles*

O projeto, desde o início, teve em mente a diversão para vocês jogadores. O jogo traz a temática da física de partículas elementares, mas não se preocupe se não conhece o tema, pois ele tem como objetivo divertir e também ensinar um pouquinho de física. Deste modo, *World of Particles* vem proporcionar uma interação com a física moderna e ao mesmo tempo diversão. Em um ambiente lúdico o jogo traz as ideias de como as partículas se comportam em seus estados mais elementares, além de como os átomos são estruturados. Os jogadores tem como objetivo descobrir tais partículas, formar Hádrons e criar alguns elementos para que, dessa forma, consigam pontos para vencer o jogo.





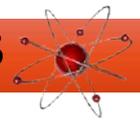
Componentes do Jogo



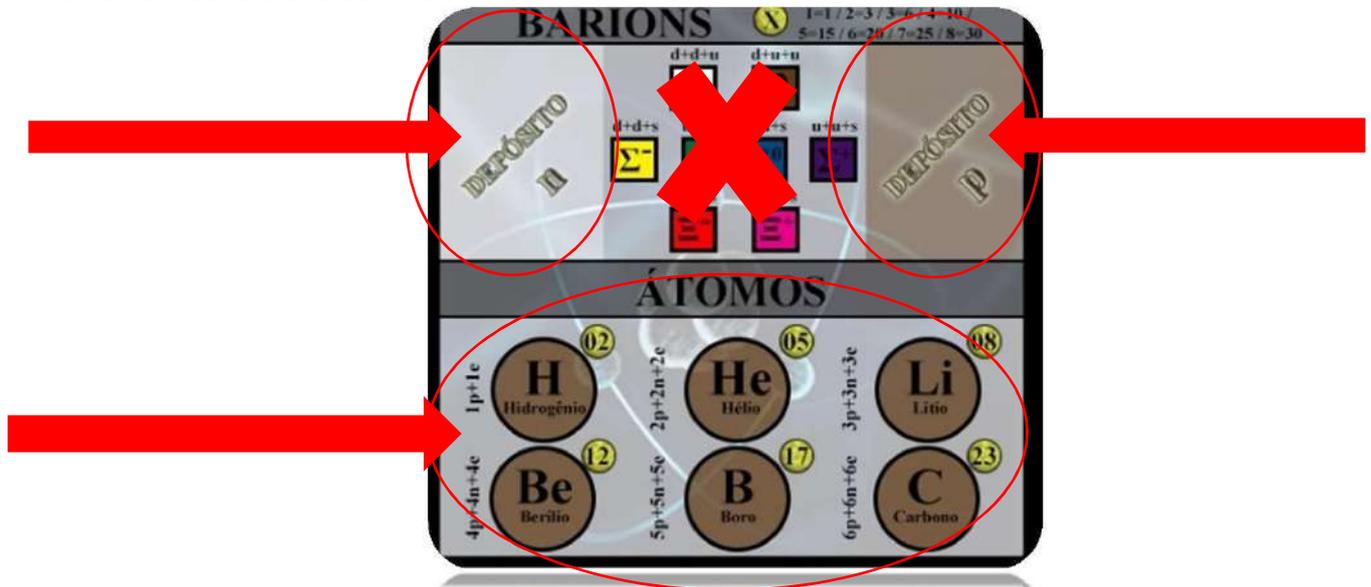


## Modos de Jogo

Para garantir um melhor entendimento do jogo existem duas formas para ambientar os jogadores, sendo o modo iniciante, que possui uma mecânica de jogo mais simples para facilitar jogadores novatos e o modo normal, que possui regras mais elaboradas a fim de tornar o jogo mais divertido e competitivo.



Nesse modo de jogo não é utilizado o tabuleiro central, e do tabuleiro de pontuação usaremos apenas a parte de baixo referente aos átomos.



Dos marcadores serão usados o branco e marrom redondos e o laranja maior, como na figura abaixo.



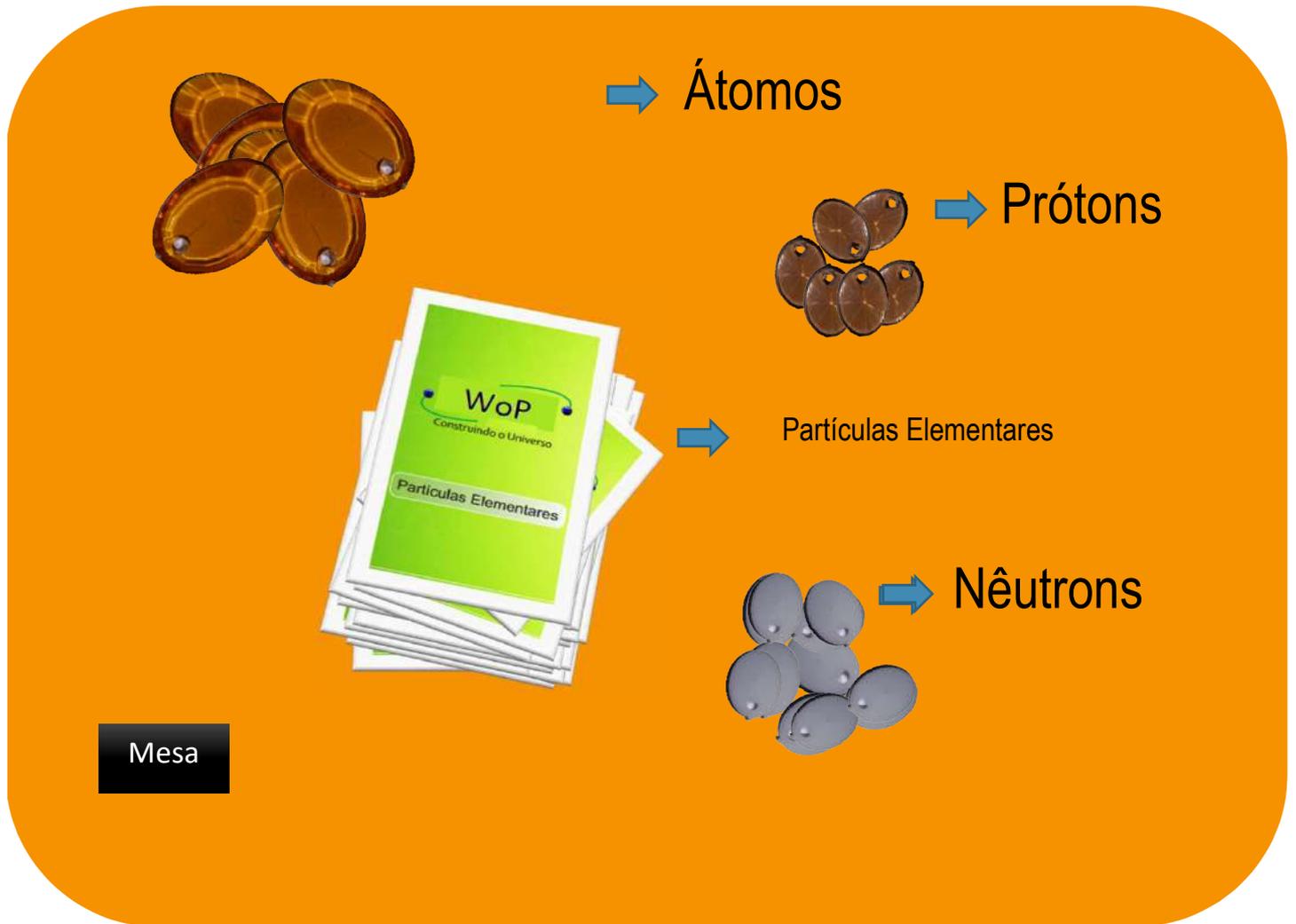
Além disso, todas as cartas de física de partículas elementares.



O jogo consiste em construir os átomos de Hidrogênio, Hélio, Boro, Berílio e Carbono.



Início de Jogo: Separe e embaralhe todas as cartas de física de partículas (QUARKS e LEPTONS) e coloque no centro da mesa. Ao lado das cartas, coloque o marcadores indicados anteriormente como representado abaixo.



Cada jogador utilizará um tabuleiro de pontuação (lembrando que apenas a parte indicada anteriormente será utilizada).



Funcionamento do jogo: Cada jogador inicia com 07 cartas na mão. Sempre que voltar na sua vez, o jogador deve completar a sua mão até chegar no limite de 07 cartas.

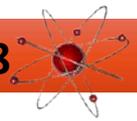
O jogo tem como objetivo criar partículas e como os átomos são feitos de prótons, nêutrons e elétrons, cada jogador deve juntar as cartas de partículas elementares para formar prótons e nêutrons.



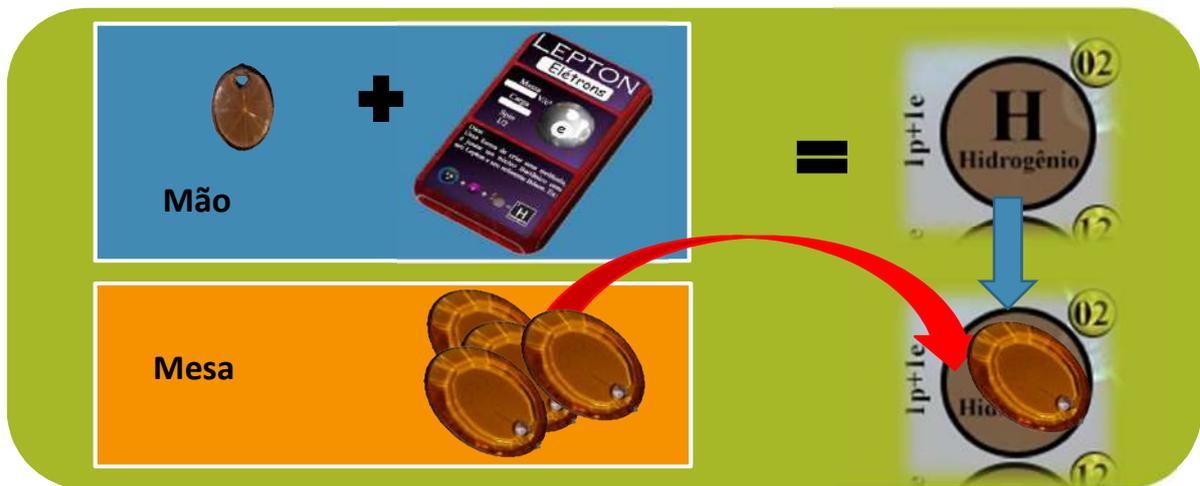
Os jogadores acumularão prótons e nêutrons para formar os núcleos dos Átomos.

**Exemplo:**

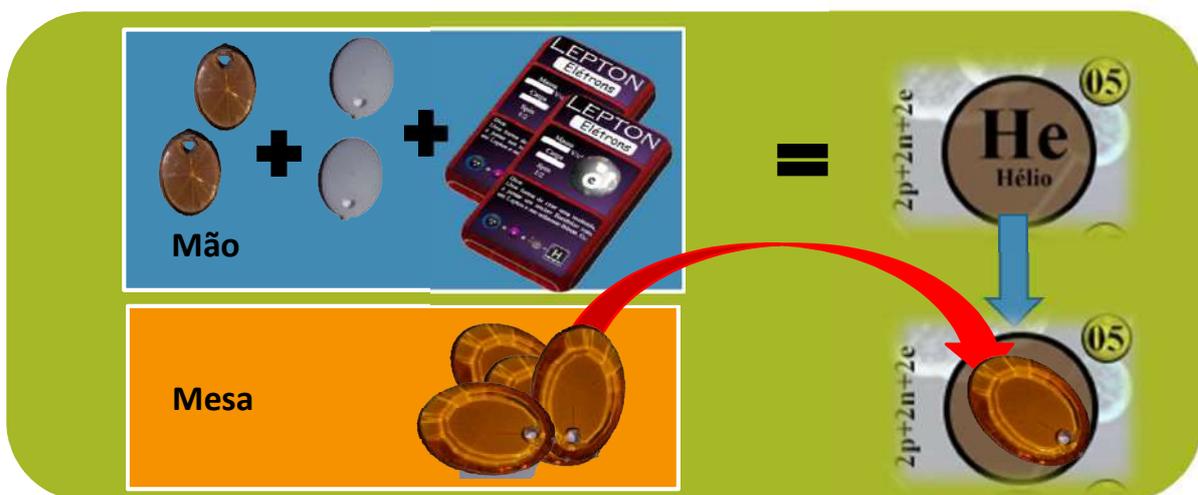




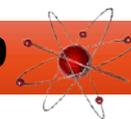
Por fim, para formar o átomo, o núcleo precisa de seus elétrons. Para criá-los, o jogador deve buscar essa partícula elementar em suas cartas, juntamente com a quantidade especificada em cada estrutura atômica (esse valor é indicado no tabuleiro de pontuação). Ao finalizar esse processo, o jogador garante sua pontuação, a qual será marcada com o marcador laranja.



Exemplo 01 : Para formar um hidrogênio é preciso a combinação de um próton (núcleo) e um elétron. Como vimos acima, após formar um próton com as partículas elementares é possível combiná-lo com outra partícula em mão e criar um hidrogênio, que vale 02 pontos.



Exemplo 02 : Já para obter um hélio, que vale 05 pontos, deverão ser combinado 02 prótons, 02 nêutrons e 02 elétrons.



**Tabuleiro de Pontuação**

Como vimos anteriormente, usaremos apenas a parte inferior do tabuleiro e os depósitos de prótons e nêutrons. (regiões circuladas).

**MODELO PADRÃO**

**QUARKS** (08)      **LÉPTONS** (12)

**BÁRIONS** (X)      1=1 / 2=3 / 3=6 / 4=10 / 5=15 / 6=20 / 7=25 / 8=30

**ÁTOMOS**

1p+1e      2p+2n+2e      3p+3n+3e      4p      5p+5n+5e      6p+6n+6e

H Hidrogênio (02)      He Hélio (05)      Li Lítio (08)

Be Berílio (12)      B Boro (17)      C Carbono (23)

**Armazenamento de nêutrons (n)**

**Armazenamento de prótons (p)**

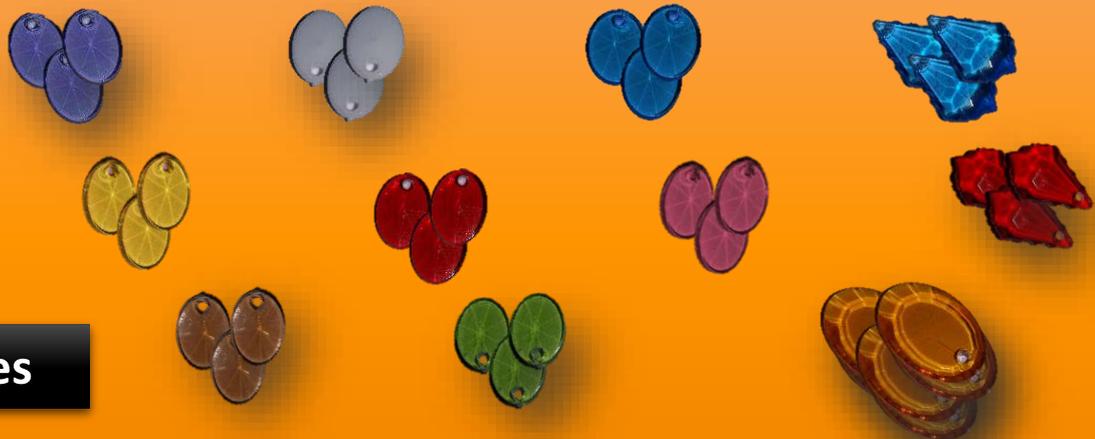
**Átomos formados (marcador de pontuação – quanto mais átomos, maior a pontuação final)**

Final do jogo: Existem duas formas de terminar a partida, com o tempo estipulado no início do jogo normalmente variando entre 40 minutos a 100 minutos, ou pode se optar pelo término das cartas (essa escolha deve ser feita no início do jogo). Ao final do jogo, conta-se a pontuação de cada jogador e vence quem tiver mais pontos. Se houver empate, o vencedor é quem tiver o átomo com o maior número de prótons, se caso ainda tiver empate vence quem tiver a maior quantidade de partículas exóticas (Bárions).

Neste modo de jogo todos os tabuleiros são utilizados, bem como todas as cartas e marcadores.



Tabuleiros



marcadores



Cartas

Início de jogo: Coloque o tabuleiro central na mesa. Separe e embaralhe todas as cartas de física de partículas (QUARKS e LEPTONS), e coloque ao lado do tabuleiro central. Entregue o tabuleiro de pontuação para os jogadores e coloque as partículas como indicado abaixo, tendo como referência as cores do tabuleiro de pontuação para colocar as partículas no centro do colisor.

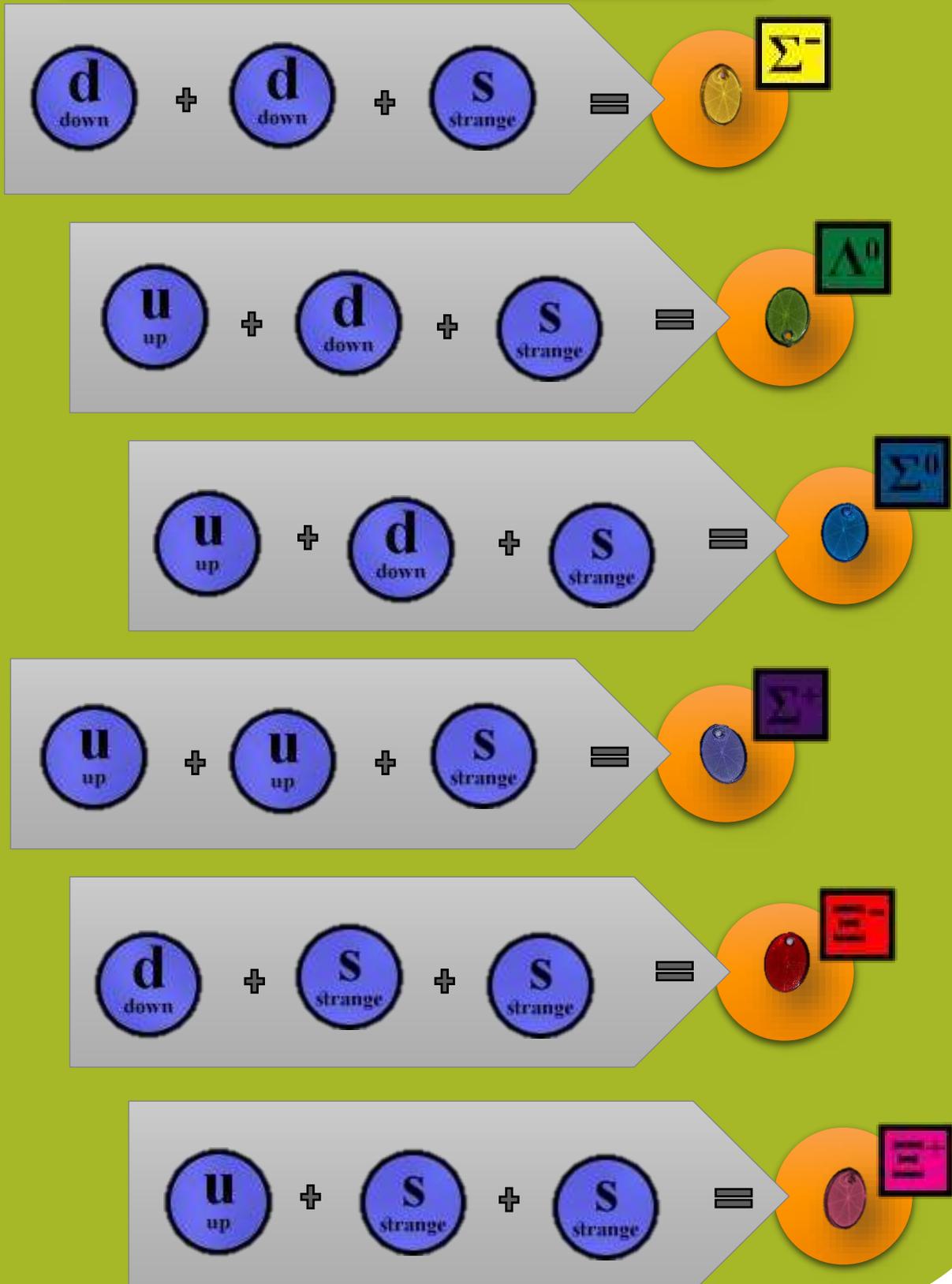


Mesa

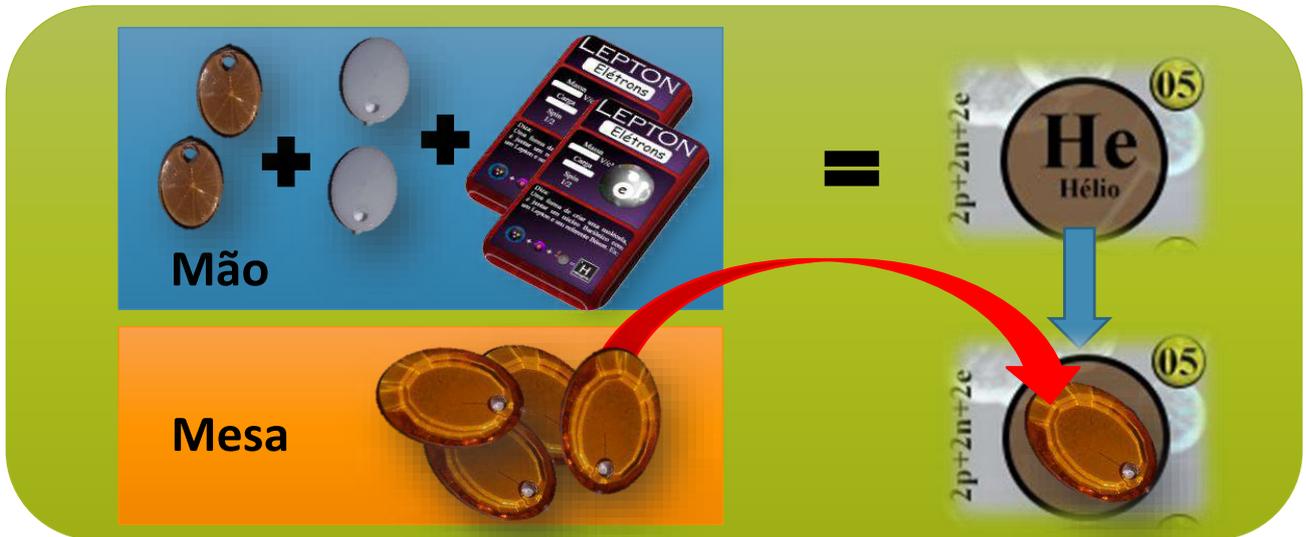
Funcionamento do jogo: Cada jogador inicia com 07 cartas na mão. Sempre que voltar na sua vez, o jogador deve completar a sua mão até chegar no limite de 07 cartas.

O jogo tem como objetivo criar partículas e como os átomos são feito de prótons, nêutrons e elétrons, cada jogador deve juntar as cartas de partículas elementares para formar prótons e nêutrons. Entretanto, diferente do modo iniciante, é possível criar outras partículas, que são:

## Exemplos de formação de Bárion



Da mesma forma que o modo iniciante, os átomos são formados juntando-se um núcleo (prótons e nêutrons) com elétrons, como segue abaixo:



O diferencial desse modo é que temos outras formas de pontuar. Agora temos quatro campos diferentes para pontuação e cada um deles tem sua regra específica.

Completar os 6 Quarks (8 pontos).

Completar os 6 Léptons (12 pontos).

Para cada Bárion diferente feito, um ponto é atribuído.

Cada átomo tem seu valor de pontuação específico.

Pontuação por partículas diferentes.

### MODELO PADRÃO

QUARKS 08			LÉPTONS 12		
u up	c charm	t top	e elétron	$\mu$ muon	$\tau$ tau
d down	s strange	b bottom	$\nu_e$ neutrino elétron	$\nu_\mu$ neutrino muon	$\nu_\tau$ neutrino tau

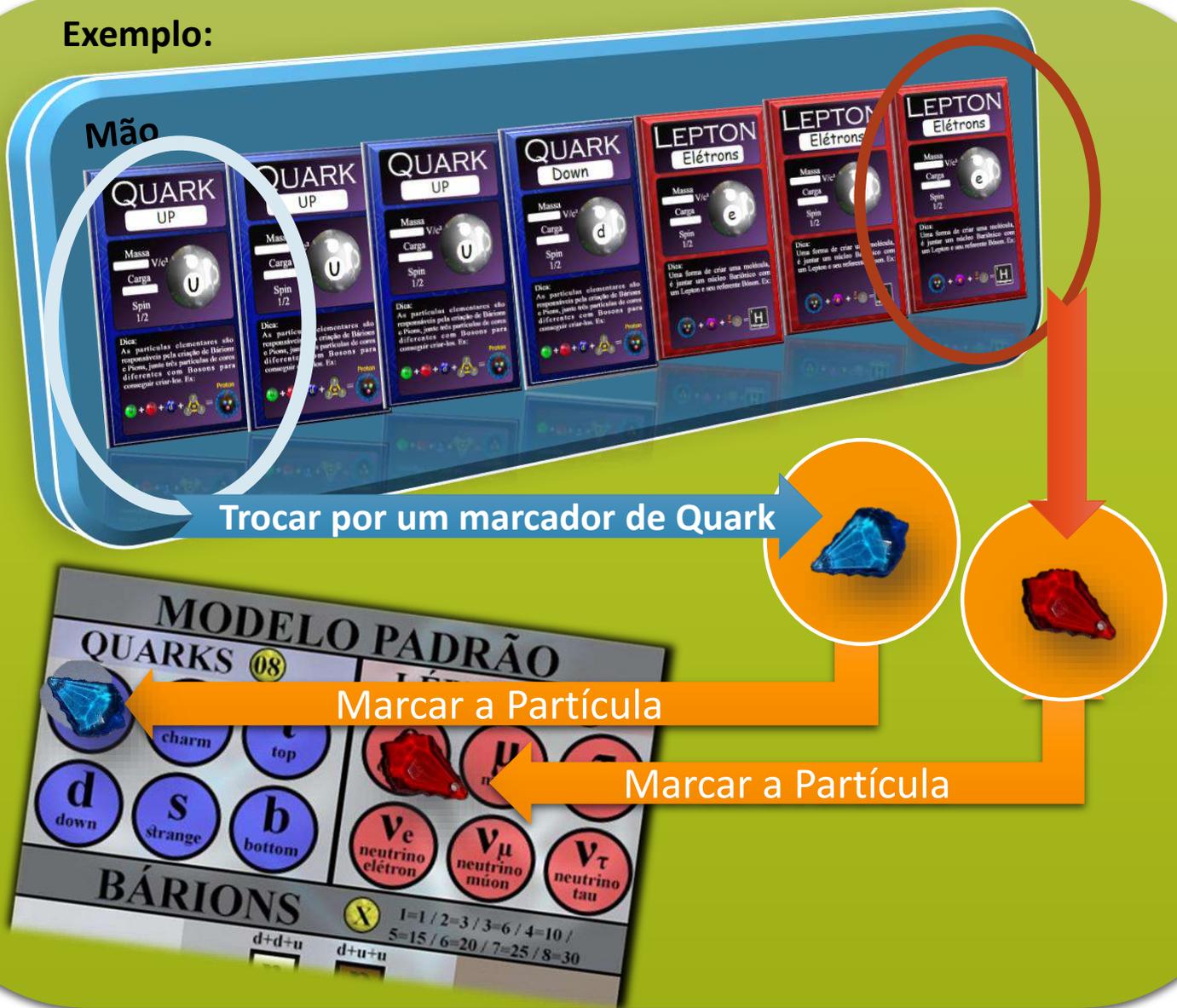
BÁRIONS			
	d+d+u	d+u+d	
	<b>n</b>	<b>p</b>	
	d+d+s	u+d+s	u+d+s
	$\Sigma^-$	$\Lambda^0$	$\Sigma^0$
	d+s+s	u+s+s	
	<b><math>\Xi^-</math></b>	<b><math>\Xi^0</math></b>	

ÁTOMOS		
1p+1e <b>H</b> Hidrogênio 02	2p+2n+2e <b>He</b> Hélio 05	3p+3n+3e <b>Li</b> Lítio 08
4p+4n+4e <b>Be</b> Berílio 12	5p+5n+5e <b>B</b> Boro 17	6p+6n+6e <b>C</b> Carbono 23

Como ganhar o jogo? O jogadores tem que conseguir a maior quantidade possível de pontos, vamos mostra os mecanismos de pontuação:

**Exemplo:**



The diagram illustrates the process of trading a card for a quark marker. It shows a hand of cards including 'QUARK UP', 'QUARK UP', 'QUARK UP', 'QUARK Down', 'LEPTON Elétrons', 'LEPTON Elétrons', and 'LEPTON Elétrons'. A blue circle highlights the first 'QUARK UP' card, with an arrow pointing to a blue quark marker. A red circle highlights the first 'LEPTON Elétrons' card, with an arrow pointing to a red lepton marker. Below, a 'MODELO PADRÃO' board shows 'QUARKS' and 'BÁRIONS' sections. Arrows indicate marking the blue quark marker on the 'u' (up) quark space and the red lepton marker on the  $\nu_e$  (electron neutrino) space.

Pontuar com os Quarks: Para conseguir a pontuação dos Quarks (8 Pontos), o jogador deverá preencher todos as partículas elementares dos tabuleiro de pontuação (Up, Down, Strange, Charm, Top e Bottom. Cada partícula é necessário que o jogador descarte a partícula em questão e marcar com o marcador Azul (  )



The diagram shows the 'QUARKS' board with all six quark markers placed: up, charm, top, down, strange, and bottom. An arrow points to the final score: **8 Pontos**.

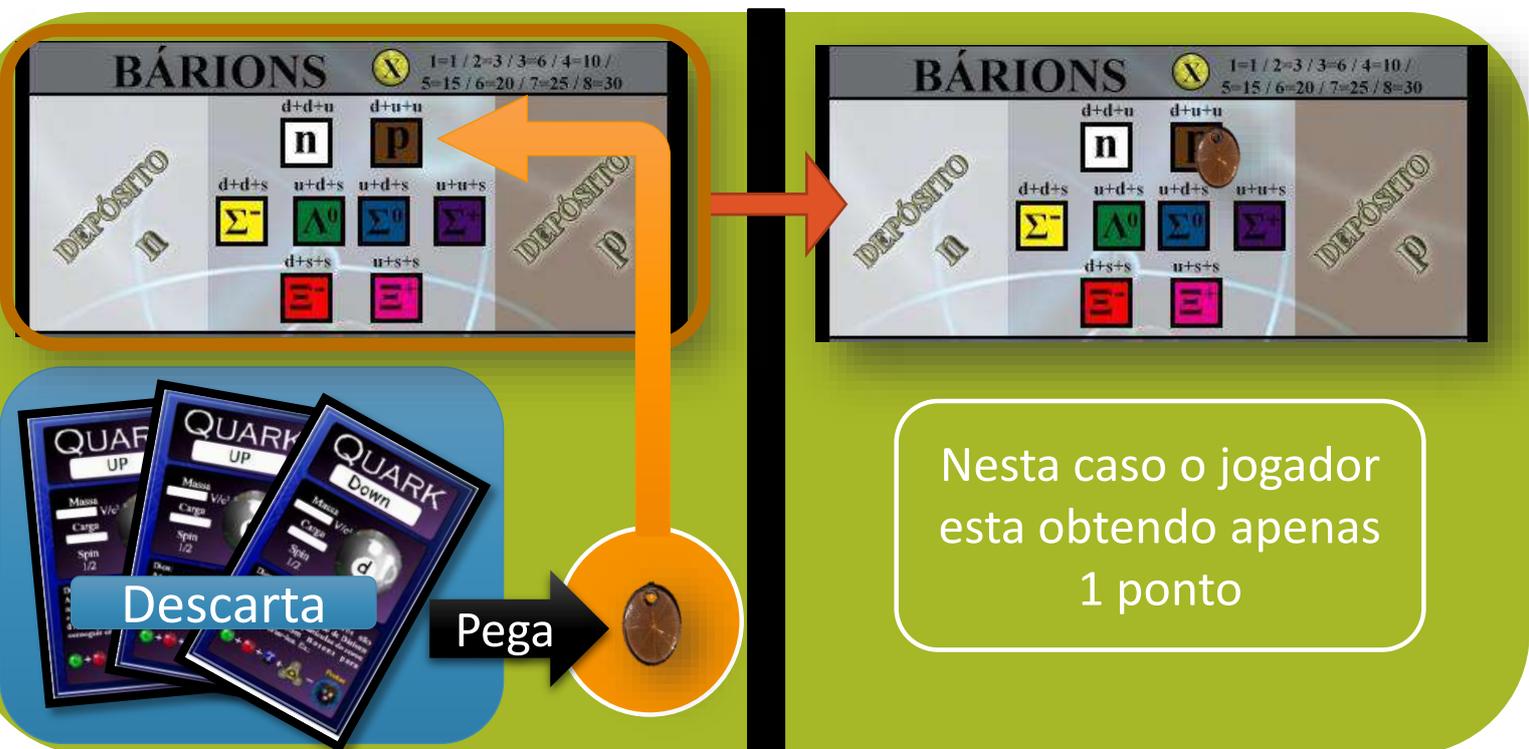
Pontuar com os Léptons: Para conseguir a pontuação dos Léptons (12 Pontos), o jogador deverá preencher todos as partículas elementares dos tabuleiro de pontuação (Elétrons, Múons, tau, Neutrino do Elétrons, Neutrino Múons, Neutrion de Tau) do . Para cada partícula é necessário que o jogador descarte a partícula em questão e marcar com o marcador Vermelho (  )



The diagram shows two versions of the 'LÉPTONS' board. The left board has six empty slots for particles:  $e$  (elétron),  $\mu$  (múon),  $\tau$  (tau),  $\nu_e$  (neutrino elétron),  $\nu_\mu$  (neutrino múon), and  $\nu_\tau$  (neutrino tau). An orange arrow points to the right board, where all six slots are filled with red markers. To the right of the boards is an equals sign followed by the text '12 Pontos'.

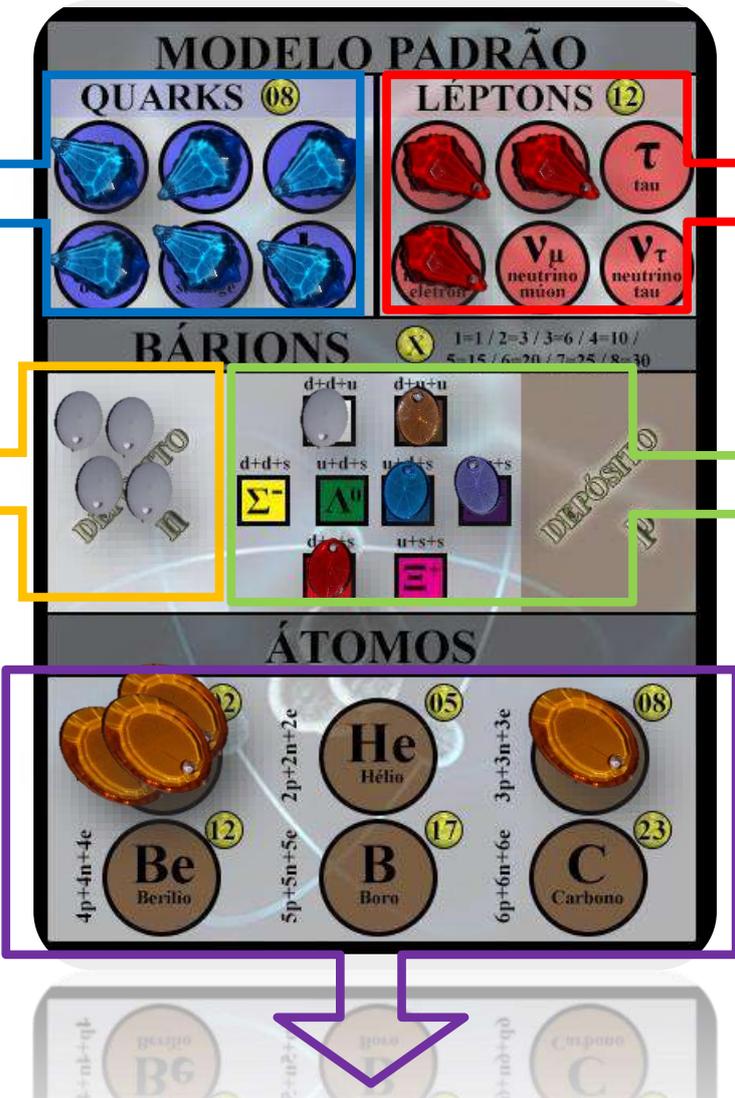
OBS: Caso o jogador não completar todas as partículas ele não pontuara, e não poderá de forma algumas usar esses marcadores para construir Bárions.

Pontuar com os Bárions: Para pontuar com Bárions o jogador deve conseguir a maior variedade possível dessa partículas, dentre ele temos o prótons e nêutrons, que são os únicos Bárions que o jogador pode acumular (colocar o acúmulo no depósito referente a cada), conseguir o marcador das recentes partículas deve juntar a combinação correta (exemplos na pag 7 e 12).



The diagram illustrates a player's action on the 'BÁRIONS' board. On the left, three 'QUARK' cards (UP, UP, Down) are shown. An orange arrow labeled 'Descarta' (Discard) points from these cards to a red marker on a circular tray. Another orange arrow labeled 'Pega' (Pick up) points from the marker to the 'BÁRIONS' board. The board shows various baryon combinations in slots, with a red marker placed on the  $\Sigma^0$  slot. A text box on the right states: 'Nesta caso o jogador esta obtendo apenas 1 ponto'.

Abaixo outro exemplo de um partida mais avançada.



The screenshot shows the 'MODELO PADRÃO' game board with four main sections: QUARKS (08), LÉPTONS (12), BÁRIONS, and ÁTOMOS. Callouts explain the scoring: 8 points for completing Quarks, 0 points for incomplete Leptons, 4 points for depositing particles in the Baryons section, and 15 points for having 5 different Baryons. The Atoms section shows Be (12), He (05), B (17), and C (23).

O jogador esta obtendo 8 pontos por completa os Quarks.

O jogador não esta fazendo nenhum ponto. (não esta completo)

Para cada partícula nos deposito o jogador ganha 1 ponto, neste caso totaliza 4 pontos.

Nesta situação o jogador esta obtendo 5 Barions diferentes, por este motivo sua pontuação é de 15 pontos

Já a pontuação dos átomos funciona exatamente como no modo inicial, cada átomo formado tem seu valor respectivo, para este caso temos 3 hidrogênios ( 2 x 3 = 6 Pontos ) e um Lítio que vale 8 pontos. Totalizando 14 pontos.

Fim de jogo: Vence o jogador com maior pontuação no final da partida.

## **APÊNDICE C - MATERIAL PARA IMPRESSÃO**

Neste apêndice, iremos dispor o material a ser impresso pelo professor e eventualmente pelos alunos. O arquivo do tabuleiro central encontra-se disponível no CD em anexo a dissertação e no link:

<https://drive.google.com/open?id=1wcnjYy9jC9Jh2g91UvXPZSH2zMol-yXO> ,

# QUARK



Dica:  
As partículas elementares são responsáveis pela criação de Bárions e Pions, junte três partículas de cores diferentes com Bósons para conseguir criá-los. Ex:



# QUARK



Dica:  
As partículas elementares são responsáveis pela criação de Bárions e Pions, junte três partículas de cores diferentes com Bósons para conseguir criá-los. Ex:



# QUARK



Dica:  
As partículas elementares são responsáveis pela criação de Bárions e Pions, junte três partículas de cores diferentes com Bósons para conseguir criá-los. Ex:



# QUARK



Dica:  
As partículas elementares são responsáveis pela criação de Bárions e Pions, junte três partículas de cores diferentes com Bósons para conseguir criá-los. Ex:



# QUARK



Dica:  
As partículas elementares são responsáveis pela criação de Bárions e Pions, junte três partículas de cores diferentes com Bósons para conseguir criá-los. Ex:



## World Of Particles

Partículas Elementares

# LEPTON

Massa   $V/c^2$   
Carga   
Spin   $1/2$



Dica:  
Uma forma de criar uma molécula,  
é juntar um núcleo Barionico com  
um Lepton e seu referente Bóson. Ex:



# LEPTON

Massa   $V/c^2$   
Carga   
Spin   $1/2$



Dica:  
Uma forma de criar uma molécula,  
é juntar um núcleo Barionico com  
um Lepton e seu referente Bóson. Ex:



# LEPTON

Massa   $V/c^2$   
Carga   
Spin   $1/2$



Dica:  
Uma forma de criar uma molécula,  
é juntar um núcleo Barionico com  
um Lepton e seu referente Bóson. Ex:



# LEPTON

Massa   $V/c^2$   
Carga   
Spin   $1/2$



Dica:  
Uma forma de criar uma molécula,  
é juntar um núcleo Barionico com  
um Lepton e seu referente Bóson. Ex:



# LEPTON

Massa   $V/c^2$   
Carga   
Spin   $1/2$



Dica:  
Uma forma de criar uma molécula,  
é juntar um núcleo Barionico com  
um Lepton e seu referente Bóson. Ex:



Particulas Elementares

## World Of Particles

Lepton

Nome	Símbolo	Massa	Carga	Spin	Quantidade
Elétron	$e$	$0,511 \text{ Mev}/c^2$	-1	1/2	50
Múon	$\mu$	$105,7 \text{ Mev}/c^2$	-1	1/2	10
Tau	$\tau$	$1,77 \text{ Mev}/c^2$	-1	1/2	10
Neutrino do Elétron	$\nu_e$	$2,2 \text{ ev}/c^2$	0	1/2	10
Neutrino do Móon	$\nu_\mu$	$0,17 \text{ ev}/c^2$	0	1/2	10
Neutrino do Tau	$\nu_\tau$	$15,5 \text{ ev}/c^2$	0	1/2	10

## Quarks

Nome	Símbolo	Massa	Carga	Spin	Quantidade
Up	u	2,4 Mev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	35
Down	d	4,8 Mev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	35
Strange	s	104 Mev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	10
Charm	c	1,27 Gev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	10
Top	t	171,2 Gev/c <sup>2</sup>	2/3	1/2	10
Bottom	b	4,2 Gev/c <sup>2</sup>	-1/3	1/2	10

# MODELO PADRÃO

## QUARKS 08

**u** up  
**c** charm  
**t** top  
**d** down  
**s** strange  
**b** bottom

## LÉPTONS 12

**e** elétron  
**μ** múon  
**τ** tau  
**ν<sub>e</sub>** neutrino elétron  
**ν<sub>μ</sub>** neutrino múon  
**ν<sub>τ</sub>** neutrino tau

## BÁRIONS

**Δ** 1=1 / 2=3 / 3=6 / 4=10 /  
**Σ** 5=15 / 6=20 / 7=25 / 8=30

**n** d+d+u  
**p** d+u+u  
**Δ<sup>++</sup>** u+u+u  
**Δ<sup>0</sup>** u+d+s  
**Σ<sup>+</sup>** u+d+s  
**Σ<sup>0</sup>** u+d+s  
**Σ<sup>-</sup>** d+d+s  
**Ξ<sup>0</sup>** u+s+s  
**Ξ<sup>-</sup>** d+s+s

DEPRÓSITO  
 DEPRÓSITO

## ÁTOMOS

**H** Hidrogênio 02  
 $1p+1e$   
**He** Hélio 05  
 $2p+2n+2e$   
**Li** Lítio 08  
 $3p+3n+3e$   
**Be** Berílio 12  
 $4p+4n+4e$   
**B** Boro 17  
 $5p+5n+5e$   
**C** Carbono 23  
 $6p+6n+6e$