

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



**PROPOSTA DE UM JOGO DIDÁTICO PARA A
ABORDAGEM DO TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS
COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

MERIELEM MENEZES LUDOVICO

ORIENTADORA: PROF^a. DR. SIMONE A. FERNANDES

Vitória - ES
Fevereiro/2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**PROPOSTA DE UM JOGO DIDÁTICO PARA A
ABORDAGEM DO TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS
COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

MERIELEM MENEZES LUDOVICO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, área de concentração em Ensino.

Orientadora: Prof^a. Dr. Simone A. Fernandes

Vitória - ES
Fevereiro/2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Ludovico, Merielem Menezes, 1978-

L946p Proposta de um jogo didático para a abordagem do tema física de partículas com alunos do ensino médio / Merielem Menezes Ludovico. – 2017.

104 f. : il.

Orientador: Simone A. Fernandes.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Jogos educativos 3. Partículas (Física, química, etc.). 4. Ensino médio. I. Fernandes, Simone Aparecida. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**


**"PROPOSTA DE UM JOGO DIDÁTICO PARA A ABORDAGEM DO TEMA FÍSICA DE PARTÍCULAS
COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO"**

Merieleme Menezes Ludovico


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 a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 17 de Fevereiro de 2017.

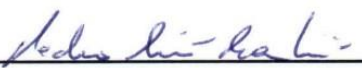
Comissão Examinadora



Prof. Dra. Simone Aparecida Fernandes Anastácio
(Orientadora)
PPGEnFis/UFES



Prof. Dr. José Alexandre Nogueira
(Membro Interno)
PPGEnFis/UFES



Prof. Dr. Pedro Leite Barbieri
(Membro Externo)
IFES

*Dedico ao meu filho Lucas, ao Matk Ludovico, aos meus familiares e aos alunos da Escola Mãe Salles
Nunes Pereira.*

AGRADECIMENTO

Ao meu filho Lucas pela paciência e compreensão e por ser tão amoroso.

Aos meus irmãos Maik e Marlon pelas contribuições no projeto gráfico ao qual possibilitou a realização do jogo de cartas.

À minha mãe Alzira pelas palavras de incentivo e por cuidar de mim nesse processo.

Ao meu marido Ricardo por sua paciência e compreensão.

À minha orientadora Simone por acreditar em mim e me dar todo suporte acadêmico.

À professora Eliana Zandonade e sua equipe pelas contribuições com o jogo de cartas.

Aos meus colegas desse programa de mestrado pelos debates que fizeram refletir sobre as minhas práticas docentes.

Aos meus professores do programa, especialmente ao professor José Alexandre por sua boa vontade e por acreditar no meu projeto.

Aos meus alunos da escola Nea Salles Nunes Pereira, especialmente à Lais, ao Cesar, ao Lucas e ao Yure por contribuírem com a construção do jogo de cartas.

"Nada é mais enriquecedor e gratificante do que aprender."

Fabiola Gianotti, diretora do Fern.

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo sobre aplicação de um jogo para abordar o tema Física de Partículas no Ensino Médio da Escola Nêa Salles Nunes Pereira, localizada em Cariacica, Espírito Santo. Esse jogo de cartas, denominado Jogo de Cartas Quarks, foi elaborado e construído pela professora/pesquisadora com a colaboração dos alunos das turmas da referida professora. Na primeira etapa foi definido pela professora quais tabelas do livro Física Moderna dos autores Tipler e Llewellyn seriam utilizados para montar o primeiro protótipo do jogo. Assim, para a construção do jogo foram representados três quarks, up, down e strange e suas antipartículas com seus respectivos números quânticos carga elétrica, número bariônico e spin que estavam agrupados na tabela, para serem representados nas cartas. Os testes quanto a forma de jogar foram realizados com os alunos, em aulas adicionais. Após os testes foi definido o número de cartas, cartas adicionais e o designer das cartas. Realizada a impressão em gráfica, as cartas foram utilizadas para introduzir conceitos de Física, em uma sequência de aulas com três módulos sobre o tema. Com os dados das atividades realizadas nessas aulas foi possível realizar a avaliação quanto às potencialidades desse jogo como ferramenta didática. Essa análise foi obtida utilizando a tipologia de aprendizagem segundo Zabala, ao qual analisa os conhecimentos adquiridos pelos alunos quanto aos aspectos cognitivos, procedimentais e atitudinais. Foi possível verificar que o jogo de Cartas Quarks trouxe maior compreensão sobre os conceitos de Física de Partículas. Observou-se também que o jogo trouxe outras aprendizagens como o conhecimento do jogo, o respeito às regras, a interação entre os alunos e a cooperação. Aspectos relacionados a emoção, como a satisfação, foram também observados durante as partidas com o jogo. Assim, é possível verificar as potencialidades dos jogos como ferramentas didáticas, principalmente para abordagem de temas de difícil compreensão.

Palavras-chave: Ensino de Física, Jogo, Física de Partículas, Ensino Médio.

ABSTRACT

This project presents a study about applying a game to teach Particle Physics in the Nea Salles Nunes Pereira High School, located in Cariacica, Espírito Santo. This card game, called Quarks, was designed and made by teacher/researcher with the help of the students from the respective classes. The first stage was to define which tables would be used to create the first prototype of the game, which tables came from the book *Modern Physics* by Tipler and Llewellyn. From this, three quarks were defined to be represented on the cards, along with their antiparticles and respective quantum electric charge numbers, baryonic numbers, and spin (which were included on the tables.). The tests on how to play the game were done with the students in extra lessons. After the tests, the number of cards, additional cards, and the design of the cards were defined. After being printed, the cards were used to introduce physics concepts in a sequence of lessons with three modules about the theme. From the data obtained from the activities, it was possible to do an evaluation of the card game as a potential teaching tool. This analysis was obtained using Zabala's learning typology, which analyzes the knowledge gained by students concerning cognitive aspects, procedures, and attitudes. It was possible to verify that the Quarks Card game brought better comprehension about particle physics concepts. It was also observed that the game brought other learning opportunities, such as how to play the game, keeping the rules, and interacting and cooperating with the other students. Emotional aspects, such as satisfaction, were also observed during the games. Therefore, it is possible to verify that the game has potential as a teaching tool, especially to teach difficult topics.

Key Words: Physics teaching, Game, Particle physics, High school

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho da Pesquisa.	23
Figura 2: Primeira versão do jogo de cartas.	27
Figura 3: Segunda versão do Jogo de Cartas.	28
Figura 4: Primeiro teste com a segunda versão do jogo de cartas.	29
Figura 5: Segundo teste com a segunda versão do jogo de cartas.	30
Figura 6: Versão final do jogo de Cartas Quark.....	31
Figura 7: Levantamento de dados.	32
Figura 8: Critério Satisfação do jogo de Cartas Quark.	34
Figura 9: Critério Eficiência do jogo de Cartas Quark.....	35
Figura 10: Conhecimentos adquiridos através do jogo.	35
Figura 11: Cartas Quark. Protótipos e versão final.	37
Figura 12: Carta objetivo. Próton.	43
Figura 13: Cartas quarks.	44
Figura 14: Procedimentos durante uma partido do jogo de Cartas Quark.	46
Figura 15: Atitudes durante o jogo.	48
Figura 16: Procedimentos quanto às normas.	49
Figura 17: Valores observados durante o jogo.	50
Figura 18: Cartas Quarks na mesa do professor.....	57
Figura 19: cartas-objetivo e cartas-quark.	58
Figura 20: Partidas do Jogo e Cartas-Quark.....	58
Figura 21: Modelo atômico de Bohr. Fonte: http://brainly.com.br/tarefa/1860687	61
Figura 22:Experiencia de Rutherford.....	62
Figura 23:As interações fundamentais.....	67
Figura 24: Interações e partículas.....	68
Figura 25: Cores aditivas e cores subtractivas:	75
Figura 26: Nêutron. http://www.infoescola.com/fisica/quarks/	82
Figura 27: Modelo atômico.	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Opinião sobre jogos.	40
Gráfico 2: Comentários sobre o jogo de Cartas Quark.	40
Gráfico 3: Comentários sobre conceitos do jogo de Cartas Quark.	41
Gráfico 4: Distribuição de pontos da avaliação sobre a Teoria dos Quarks.	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tabela 13-7 (Tipler e Llewellyn): Determinadas propriedades de quarks e antiquarks selecionados	25
Quadro 2: Tabela 13-8 (Tipler e Llewellyn):: Determinadas propriedades de combinações de três quarks	26
Quadro 3: Tabela 13-9 (Tipler e Llewellyn):: Determinadas propriedades de combinações quark-antiquark para três quarks.....	26
Quadro 4: Número de Cartas do jogo de Cartas Quark.	28
Quadro 5: Pré-teste do jogo de Cartas Quark.	29
Quadro 6: Métrica do questionário de opinião.	33
Quadro 7: Avaliação do Jogo de Cartas Quark.	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LDB - *Lei de Diretrizes e Bases*

PCN - *Parâmetros Curriculares Nacionais*

FMC- *Física Moderna e Contemporânea*

CBC- *Currículo Básico Comum*

PNLEM- *Programa Nacional do livro didático no Ensino Médio*

FP- *Física de Partículas*

CERN- *Organização Europeia para Incestigação Nuclear*

ENEM- *Exame nacional do Ensino Médio*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	5
CAPÍTULO 2: OBJETIVOS	7
2.1 Objetivo geral	7
2.2 Objetivos específicos	7
CAPÍTULO 3: CONTEXTO DA PESQUISA	8
3.1 Trajetória acadêmica e profissional da mestranda	8
3.2 O espaço e os sujeitos da pesquisa.....	10
CAPÍTULO 4: REFERENCIAL TEÓRICO	11
4.1 Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio	11
4.2 Por que ensinar Física de Partículas no Ensino Médio	14
4.3 Jogos Didáticos	17
4.3.1 O Lúdico	17
4.3.2 Uso de Jogos didáticos	19
CAPÍTULO 5: METODOLOGIA	22
5.1 Desenho da pesquisa	22
5.2 Metodologia de elaboração do jogo	24
5.3 Metodologia de avaliação do jogo	31
5.3.1 Elaboração de instrumento de coleta de dados.....	31
5.3.2 Análise das contribuições do jogo de Cartas Quark.	33
CAPÍTULO 6: RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
6.1 Avaliação do protótipo do jogo	37
6.2 Avaliação da aplicação do jogo em sala de aula	39
6.2.1 Análise das respostas dadas ao questionário de opinião sobre o jogo	39
6.2.2 Análise das contribuições do jogo para a aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes.....	42
CAPÍTULO 7: CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICE A: SEQUÊNCIA DE AULAS SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS.....	55
APÊNDICE B: MÓDULOS DE ENSINO SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS.....	60
APÊNDICE C: AVALIAÇÃO SOBRE A TEORIA DOS QUARKS.....	79
APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO SOBRE O JOGO DE CARTAS QUARKS.....	83
APÊNDICE E: O JOGO DE CARTAS QUARK	85
APÊNDICE F: REGRAS DO JOGO DE CARTAS QUARK.....	93

CAPÍTULO 1:

INTRODUÇÃO

O ensino de Física nas escolas, sejam elas da rede pública ou particular, é um desafio para os professores dessa área. Os conteúdos que são previstos no currículo escolar são muitas vezes trabalhados de forma sistemática, sem variações nas abordagens, pois há um prazo a ser cumprido, avaliações ao longo das aulas, preenchimento de planilhas e outras atividades que fazem parte das atividades do professor. Além disso, o professor se depara com poucas aulas por turma, e também com a necessidade de trabalhar em muitas turmas para cumprir a carga horária que lhe foi dada. Essas são algumas atividades do cotidiano escolar que podem se tornar obstáculos para o andamento dessa disciplina. Além desses obstáculos, há também a defasagem quanto aos outros conhecimentos que o aluno deve ter, como os conhecimentos de Português e Matemática. Assim, é necessário que o professor utilize estratégias a fim de minimizar os potenciais prejuízos quanto ao processo ensino/aprendizagem que possam ocorrer mediante esses obstáculos

O reduzido número de aulas semanais de Física dificulta uma abordagem mais ampla dos temas para o Ensino Médio, sendo priorizado os conteúdos de Física Clássica. Discussões acerca do currículo de Física para o Ensino Médio apontam para a necessidade de o professor fazer escolhas quanto aos conteúdos de Física Clássica a serem abordados, de forma a oportunizar a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea. Tal inserção se faz necessária por, entre outras coisas, possibilitar ao aluno a compreensão do mundo atual, repleto de tecnologias acessíveis, mas não compreendidas por ele. No entanto, o ensino de Física Moderna e Contemporânea também enfrenta obstáculos ao ser abordado nesta etapa de escolaridade, pois trata de conceitos que são não tangíveis no seu cotidiano, como a Relatividade de Einstein, a Mecânica Quântica e a Física de Partículas. Além disso, ainda existe uma carência de materiais para auxiliar na abordagem desses tópicos.

Em se tratando da Física de Partículas Elementares, a abordagem do conteúdo necessita de um processo de transposição didática¹ que contribua para uma melhor compreensão por parte dos alunos de Ensino Médio. Ainda assim, modelos matemáticos não são acessíveis aos alunos nesta etapa de escolaridade, exigindo que a abordagem seja eminentemente conceitual. Diante disso, surgiu o interesse em elaborar um recurso didático que pudesse auxiliar o professor na abordagem desse conteúdo e que contribuísse para a compreensão do aluno. Em frente a algumas possibilidades, optou-se pela criação de um jogo didático.

Ainda que a ação de jogar pareça estar relacionada à mera brincadeira, o jogo didático, além de contribuir para a socialização, afetividade, entre outras, por ter uma intenção, pode ser um recurso didático efetivo no processo ensino/aprendizagem de qualquer conteúdo. Portanto, este trabalho de pesquisa apresenta e avalia uma proposta de jogo de cartas utilizado como recurso didático para a abordagem do conteúdo de Partículas Elementares no Ensino Médio e tem como questões de pesquisa:

- É possível elaborar um jogo que aborde tópicos relacionados ao conteúdo de Física de partículas e que possa auxiliar o professor na abordagem desse conteúdo?
- O jogo, enquanto recurso didático, contribui para uma melhor compreensão do conteúdo teórico por parte dos alunos? De que forma?
- Quais contribuições para a compreensão dos alunos são devidas ao trabalho desenvolvido com o jogo?
- O jogo proporciona outras aprendizagens? Em caso afirmativo, quais?

¹ “Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática” (Chevallard, 1991, p.39).

CAPÍTULO 2:

OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Elaborar um jogo didático para introduzir o tema Física de Partículas no Ensino Médio. Analisar as contribuições de jogos ao abordar temas das Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

2.2 Objetivos específicos

- Pesquisar sobre jogos que fossem adequados ao tema abordado. Elaborar o jogo sobre o Tema Física de Partículas.
- Elencar os conteúdos de Física de Partículas que fossem adequados ao público alvo da pesquisa. Construir o jogo de Cartas Quark.
- Relacionar as contribuições do jogo didático para a compreensão do tema. Implementar e estudar as contribuições do jogo em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio.

CAPÍTULO 3:

CONTEXTO DA PESQUISA

3.1 Trajetória acadêmica e profissional da mestranda

A escolha do curso de Física para graduação foi determinada já no Ensino Médio, ao qual me proporcionou o primeiro contato com o estudo dessa ciência. Cursei ensino médio integrado ao ensino técnico de Estradas, na Escola Técnica Federal do Espírito Santo, hoje sendo denominado Instituto Federal do Espírito Santo, campi Vitória. O Período de curso foram do quatro anos, começando em 1993 e o seu término em 1996. No primeiro ano de curso, a disciplina que mais despertou-me interesse foi a Física, além de aulas envolvente, descontraídas, havia laboratório para práticas experimentais da área de ciências. Esse ambiente de aprendizado foi direcionando o meu interesse para a área de ciências da natureza e tecnologias.

Assim, após uma tentativa em ingressar na área de engenharia, decidi prestar vestibular para o curso de Física, ingressando em 2002. O primeiro professor de Física também teve papel fundamental para que eu continuasse no curso. As aulas eram muito envolventes e elucidaram várias questões que eu não havia compreendido no Ensino Médio e em curso preparatórios. A minha colação de grau foi em 2008.

Após o quarto período no ano de 2004 iniciei na carreira docente, em uma escola estadual, atuando em turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Apesar de ter lecionado por apenas três meses, e mesmo em meio a alguns desafios tal como lidar com turma de adolescente, a experiência foi positiva. Senti que além dos conteúdos que me propunha a ensinar, vi-me em uma função social, pois o público da região pertencia a uma área de risco social.

No ano de 2005, iniciei estágio em um espaço informal de ensino, a Escola de Ciência Física, localizada em Vitória, no centro da cidade. Foram dois anos de estágio, no qual pude desenvolver habilidade de comunicação com vários públicos, desde crianças até adultos sobre conceitos científicos. Nesse espaço eram realizadas várias

atividades como show de Física, exposição de experimentos de Física no Parque Moscoso, localizada próxima ao parque, e exposições itinerantes sobre outras áreas de conhecimento como a Biologia e a História.

No final de 2006, voltei a lecionar em uma escola estadual. A partir desse ano, continuei lecionando em escolas estaduais. Até o ano de 2010, eu trabalhava em regime de contrato, mas nesse referido ano passei no concurso para me tornar efetiva na rede estadual. Em 2013, passei em concurso para atuar em um segundo vínculo na rede. Atuar em uma escola como professora efetiva foi uma experiência que trouxe maior aprendizado na minha profissão. Enquanto contratada não conseguia dar prosseguimento ao trabalho que desenvolvia, pois a cada ano me encontrava em uma escola diferente. Assim, quando me efetivei consegui desenvolver projetos que se tornaram hábitos na escola que atuo, como o de trabalhar com experimentos de baixo custo. Todo início de ano, os alunos já sabem que faz parte das minhas avaliações a apresentação de experimentos de Física. Também, sempre é previsto desde o início do ano letivo a realização de feira de ciências, na qual os estudantes expõem os trabalhos que foram realizados durante as aulas.

O meu ingresso no programa de mestrado profissional, no ano de 2014, trouxe muitas contribuições para minha profissão. Durante as aulas do programa, pude participar de debates sobre teorias e práticas docentes. De fato, foi uma experiência profissional e pessoal muito enriquecedora.

3.2 O espaço e os sujeitos da pesquisa

A escola onde foi realizada a pesquisa é denominada Escola de Ensino Fundamental e Médio “Néa Salles Nunes Pereira”, localizada no bairro Maracanã, município de Cariacica, no estado do Espírito Santo. Leciono nessa escola desde o ano de 2009, inicialmente como professora contratada, sendo a minha primeira escola a ser efetiva.

Nessa escola são ofertadas vagas para doze turmas, sendo distribuídas entre cinco turmas de 1º ano, quatro turmas de 2º ano e três turmas de 3º ano. Em geral leciono para três séries, e especificamente esse ano, lecionei para duas turmas do primeiro ano, quatro do segundo ano e três do terceiro ano. Para os sujeitos dessa pesquisa, foi escolhido uma turma do primeiro ano, a turma 1ºM1. A escolha dessa série foi motivada pela idade/série dos alunos, devido à natureza lúdica do jogo de cartas. Observei que trabalhar jogos com esse grupo foi mais produtivo, tanto na aplicação do jogo quanto na abordagem das sequências de aulas, comparando com a outra turma de 1º ano. Também se mostraram bem receptivos ao responder questões da pesquisa, quando lhes foram solicitados.

A etapa de construção do jogo de Cartas Quark se iniciou no mês de abril de 2016, com a colaboração de alunos dos terceiros e segundos anos. A aplicação do jogo como ferramenta para iniciar o tema Física de Partículas ocorreu em agosto 2016 na turma escolhida para a pesquisa.

É importante ressaltar que os alunos estavam cientes quanto à participação nesse projeto. Assim, observei o interesse que eles tiveram em participar de todas as etapas quando lhes solicitei.

CAPÍTULO 4:

REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

O currículo de Física tem sido discutido desde a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96) e sua implementação vem sendo norteadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2002), a fim de atender às demandas educacionais da sociedade contemporânea. Esses documentos sinalizam para uma formação geral do educando, independente da sua escolaridade futura. Observa-se que as habilidades e competências adquiridas pelo aluno proporcionarão instrumentos que poderão levá-lo à maior compreensão do mundo em que vive, articulando as ideias do passado com as do presente. O avanço científico e tecnológico têm gerado uma nova visão de mundo a partir da disseminação de conhecimentos de forma rápida e conectada entre vários segmentos da sociedade, como se verifica pelo acesso à rede mundial de computadores. Esses avanços devem ser refletidos no cotidiano escolar como explicitado na **LDB** e **PCN** desde o currículo até as práticas educacionais. Assim, os tópicos de Física Moderna e Contemporânea **FMC** devem ser contemplados no Ensino de Física, pois tratam de conhecimentos que permeiam essa nova visão.

Atualmente, os alunos trazem consigo para a sala de aula aparatos tecnológicos como celulares, *tablets* e *smartphones* que lhes permitem o acesso à informação, à comunicação e ao entretenimento. Esses aparatos compõem um conjunto de possibilidades para utilização como recurso no ambiente escolar, de forma que o professor possa mostrar as implicações da Física nessas tecnologias. Os Tópicos de FMC são conteúdos que auxiliam na compreensão desses aparatos tecnológicos, no sentido de ampliar a visão do educando quanto a vários aspectos de seus impactos na sociedade atual. Assim, o ensino de Física pode contribuir para que

o aluno torne-se consciente do mundo em que vive e assim possa participar e atuar (Terrazzan 1992, 1994) na sua construção como cidadão.

Atualmente, o currículo de Física das escolas públicas é norteado pelos PCN. Os PCN + explicitam a inclusão de tópicos de FMC, explicando que:

“Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos.” (BRASIL, 2002, p. 71)

Portanto, percebe-se que, de acordo com os PCNs, há necessidade de discutir os temas da FMC em sala de aula, pois são conteúdos que aprofundam o entendimento sobre os fenômenos da natureza e levam aos estudantes o entendimento das tecnologias que os rodeiam. Esses conhecimentos podem potencializar a curiosidade que é inata dos alunos levando-os à continuação pela busca do saber.

Também, observa-se que o Currículo Básico Comum das escolas estaduais (CBC) de ensino médio do Espírito Santo (SEDU, 2009), propõem a inclusão de conteúdos de FMC. É interessante destacar que a proposta visa que FMC seja abordada em todas as séries do ensino médio, ao longo dos três anos de escolaridade. Nessa perspectiva, os conteúdos estariam assim distribuídos: **1ºano:** Introdução ao ensino de Física. Grandezas físicas (escalar e vetorial) e Sistema Internacional de Unidades (SI). Conceitos físicos fundamentais. Noção de velocidade e aceleração. A teoria de Galileu para queda dos corpos e princípio da inércia. Noção sobre vetores. Leis de Newton e suas aplicações: força peso, força normal, força de tração, força elástica, força de atrito. Aplicações das Leis de Newton no movimento circular. Introdução à gravitação universal: Sistema Geocêntrico, Sistema Heliocêntrico, Leis de Kepler, Lei da Gravitação Universal, Buraco Negro, Fenômeno das marés, Movimento dos astros, como planetas, estrelas, cometas e outros. Noções de relatividade restrita. Trabalho, potência, rendimento e energia. Conservação da energia. Impulso e quantidade de movimento.

No **2ºano**: A temperatura e suas escalas. Conceitos de calor: sensível, latente e trocas de calor. Propagação de calor e aplicações. Dilatação térmica. Máquinas térmicas e aplicações. Introdução ao estudo das ondas: conceito, características e classificação. Ondas sonoras (acústica) Dualidade onda-partícula. Conceitos fundamentais da ótica, definição de refração e leis da reflexão. Formação de imagens em espelhos e lentes. Ótica da visão. Instrumentos óticos e aplicações. Efeito fotoelétrico.

E finalmente, no **3ºano**: Modelo atômico atual. Radiação, suas interações e suas aplicações tecnológicas. Princípios fundamentais da eletrostática. Conceitos e aplicações de campo e potencial elétricos. Diferença de potencial e corrente elétrica. Elementos do circuito elétrico: resistor, gerador, receptor, condutor, elementos de controle e de segurança. Associação de resistores e geradores. Leis de Ohm. Potência elétrica. Circuitos elétricos simples. Introdução ao magnetismo: conceitos, ímãs naturais e artificiais e definição de campo magnético. Força de Lorentz. Lei de Àmpere. Lei de Faraday e indução eletromagnética.

Assim, verifica-se que esses documentos norteadores explicitam a importância do ensino de FMC e os tópicos que podem ser trabalhados no cotidiano escolar a fim de que os alunos adquiram maior compreensão de como se construíram as tecnologias, os modelos físicos e identifiquem, lidem e reconheçam os fenômenos a eles relacionados.

Analisando-se os livros didáticos adotados pelo Programa Nacional do livro didático no Ensino Médio (**PNLEM**) verifica-se conteúdos de FMC, no entanto, as abordagens são bem diversificadas. Segundo Domingui (2010), o livro didático deve abordar de forma histórica a evolução do conhecimento relacionado à FMC. Entre os conteúdos a serem ensinados, ele destaca a Física Quântica e a Relatividade. Ostermann e Moreira (2000) analisaram livros didáticos adotados no estado do Rio Grande do Sul e verificaram que não havia consenso quanto aos tópicos de FMC e como eram distribuídos ao longo das coleções. Verificaram que alguns livros abordavam em forma de tópicos especiais, outros conteúdos eram concentrados no final do livro ou no final da coleção. Esses fatos podem indicar dificuldades que os professores encontram, seja por sua formação e pela própria natureza desses conteúdos, sendo considerado de difícil compreensão.

Apesar de poucas propostas de aulas para o EM sobre FMC comparando-se com os temas da Física clássica, foram identificados trabalhos que resultaram em dissertações de mestrado e atividades desenvolvidas no programa de iniciação à docência. Pereira e Ostermann (2009) realizaram uma revisão de bibliografia em revistas de ensino de ciências do Brasil e do exterior no período de 2001 a 2006. Foram identificados estratégias de ensino de FMC sobre Mecânica Quântica e Relatividade as quais os professores desenvolviam unidades didáticas para serem aplicadas em sala de aula de EM. Como uso de tecnologia de informação e comunicação identificou-se a utilização de softwares no ensino de Mecânica Quântica, hipertextos, laboratórios virtuais e simuladores virtuais 3-D. Na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade identificou-se a elaboração de curso que integrasse ciências naturais e sociais, contextualização histórica como eventos da 2ª Guerra Mundial utilizando como recurso didático *roleplayng game*. Identificou-se trabalhos que aproximassem a Física e a Filosofia, a Física e contexto histórico e abordagem histórico-filosófico. Pereira e Ostermann identificam nesses trabalhos a preocupação com a organização do conteúdo e o rigor científico com que eles são apresentados. No entanto, eles apontam a necessidade de investigação do processo de condução da aprendizagem em sala de aula a fim de compreender os mecanismos utilizados pelos professores e alunos na abordagem de FMC.

Neste trabalho de mestrado, o interesse é pela abordagem de Física de Partículas no ensino médio. A pesquisa em laboratórios de Física de Partículas levou a um crescente entendimento por fenômenos relacionados à estrutura da matéria. Assim, é um ramo da Física que tem despertado curiosidade e tem sido abordado em sala de aula.

4.2 Por que ensinar Física de Partículas no Ensino Médio

Ao refletir sobre os conteúdos de FMC que devem ser contemplados no currículo escolar, o professor escolhe aqueles que mais se adequem a sua realidade. Hoje, a realidade da maioria das escolas, é a de alunos com muitas informações, mas

poucas reflexões sobre o que estão lendo. O professor tem assumido papel de filtrar, mas não desmotivar a curiosidade do estudante. Nesse sentido, a Física de Partículas é repleta de conteúdos que geram curiosidade, tais como o mundo do muito pequeno, fazendo-se referência ao mundo subatômico.

Essa mesma curiosidade impulsionou muitas cientistas, fomentando-se assim a evolução científica e tecnológica que se vivencia desde o século XX. Físicos e químicos elaboraram modelos atômicos a fim de entender como ocorriam reações e transformações da matéria. A fim de explicar como se mantinha coeso o núcleo atômico, muitos estudos e tecnologias foram desenvolvidos, como os aceleradores de partículas. À medida que partículas eram detectadas, novos modelos eram criados. Assim, o próton, o nêutron e o elétron deixaram de ser as menores partículas que constituíam a matéria. Esses conhecimentos em crescente evolução geraram um estudo denominado Física de Partículas. Atualmente, sabe-se que as partículas fundamentais são denominadas quarks e léptons.

Além do mundo subatômico, outros temas são potencialmente geradores de curiosidade, como as tecnologias que envolvem esse tema. Por exemplo, pode-se citar o sistema WWW (*World Wide Web*), então desenvolvido no **CERN** (Organização Europeia para Investigação Nuclear), sendo utilizado em aparelhos de comunicação como os *Smartphones*. Essas tecnologias estão no cotidiano escolar, e muitas vezes é ignorada pela equipe escolar, por não conhecerem, por exemplo, os tópicos científicos relacionados as mesmas.

Segundo Osterman (1999), a história do desenvolvimento do átomo se mescla com a história do pensamento científico ocidental. O aprofundamento do conhecimento do mundo subatômico se revelou impactante desde a filosofia do átomo na antiguidade, passando pela Mecânica de Newton até as interações fundamentais, sendo este último tema considerado um tópico da Física Moderna.

Osterman e Cavalcante (2001) ao desenvolver um poster sobre Física de Partículas, pensou em levar aos estudantes assuntos que proporcionassem uma visão mais atualizada. Mediante a crescente pesquisas nesse ramo da Física, verifica-se que há um busca para a compreensão sobre fenômenos cosmológicos, ligando-os aos fenômenos que ocorrem no mundo subatômico, numa tentativa de revelar leis universais que regem o universo. Essas são questões que despertam grande

interesse entre os alunos, assim sendo assuntos que em si tem potencial de atratividade, quando for selecionado os conteúdos.

Moreira (2004) em seu texto para professores sobre Partículas e Interações afirma que “[...] Com habilidade didática, talvez se possa transmitir aos alunos a idéia de um assunto excitante, colorido, estranho e charmoso, ao invés de difícil e enfadonho.” Observa-se que o autor sinaliza para a abordagem desses conteúdos de FMC de uma forma pitoresca, ao fazer alusão aos termos “colorido, estranho e charmoso” dos números quânticos das partículas. Esses adjetivos parecem não ter nenhum sentido quando se trata de Física, e nesse sentido, pode despertar curiosidades dos estudantes para a compreensão mais elaborada desses termos. O mesmo autor, afirma que a epistemologia dos quarks possui uma história muito interessante (Moreira, 2007). Contar essa história durante as aulas, pode revelar uma ciência acessível ao conhecimento dos alunos de ensino médio, e levá-los a reflexão sobre o processo de construção de um saber científico.

No sentido de trazer discussões e propostas de ensino sobre FP é possível encontrar textos para professores do EM elaborado por Osterman e Cavalacanti (2001); livros como “O Mágico dos Quarks” de Robert Gilmore (2002), “O Discreto Charme das Partículas Elementares” de Maria Cristina B. Abdalla (2006); jogos e mídias interativas no site do CERN. Porém, há carências de trabalhos e relatos sobre o ensino de FP nas escolas do EM.

Outras propostas didáticas para o ensino de FP no EM envolvem o enfoque na Filosofia e Epistemologia das ciências e na História das Ciências e CTS, segundo Santos e Fernandes (2013). Após as participações no Programa para Professores de Física do CERN em 2012, os autores das propostas, produziram duas atividades didáticas em que os professores seguiriam os roteiros descritos em seus trabalhos e teriam como objetivos levar os alunos a refletirem sobre a imagem da ciência e do cientista na sociedade, a relevância da colaboração e das discussões entre cientistas, a validade do caráter não definitivo do conhecimento científico e os modelos científicos. Também buscaram em seus roteiros, outras reflexões para a sala de aula como a ciência enquanto construção humana, a evolução conceitual dos modelos atômicos e influências recíprocas entre ciência, tecnologia e sociedade. Em seus roteiros observa-se que utilizaram vídeos e textos para abordarem o *Large Hadron Collider*(LHC), sendo esse o nome denominado ao acelerador de partículas do CERN.

No entanto, pouco se aborda sobre esses conhecimentos científicos na sala de aula, sendo que essas tecnologias estão cada vez mais presentes no cotidiano do aluno. Segundo Lozada e Araujo (2007), há obstáculos para o ensino da Física de Partículas no EM, como a formação dos professores, dificuldades de inserção efetiva no currículo e número de aulas semanais, a abordagem superficial nos livros didáticos e a escassez de recursos para essa abordagem. Outros fatores que dificultam, de acordo com Santos e Fernandes (2013), seriam a comodidade de ensinar os conteúdos que estão nos livros didáticos os quais poucos abordam esse tema, a obrigatoriedade em seguir grades curriculares e a carência de questões em vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (**ENEM**).

Alguns autores ressaltam que há dificuldades epistemológicas no ensino de Física de Partículas, haja visto que as partículas não são tangíveis, mas “[...] são descritas por objetos matemáticos denominados funções de onda [...]” (Abdalla, 2005, p.38). Assim, Siqueira e Pietrocola (2006) recomendam transposições didáticas utilizando demonstrações a partir do funcionamento do aparelho de raio-x; relacionar Física de Partículas com outros temas de interesse como a nanociência e nanotecnologia. Lozada e Araujo (2007), sugerem relacionar as descobertas de partículas, como o pión, às contribuições de brasileiros como Cesar Lattes, numa perspectiva Ciência, tecnologia e sociedade (CTS), de acordo com Lozada e Araujo (2007).

Assim, analisando-se as propostas e trabalhos já realizados sobre **FP**, pensou-se uma abordagem utilizando as regras da classificação das partículas. Para isso foi pensado em construir jogos e aplicá-los em sala de aula utilizando esse tema, devido a sua potencialidade lúdica, dinâmica e a de atrair curiosidade.

4.3 Jogos Didáticos

4.3.1 O Lúdico

Uma atividade lúdica é aquela que promove entretenimento, que diverte e dá prazer. Essas atividades estão relacionadas a jogos e brincadeiras. Tratando-se de

ambiente escolar aonde se promove desenvolvimento, a dimensão lúdica pode promover maior engajamento do estudantes.

Segundo Macedo, Petty e Passos (2005) a dimensão lúdica é envolvente, interessante e informativa. O brincar exige atenção e concentração. O jogo é definido como uma atividade em que há regras e um objetivo predefinido. O jogar consiste em uma brincadeira organizada, convencional e com atividades direcionadas.

Assim o autor define quais são os indicadores que são inferidos (na presença dessa atividade lúdica) nos processos de aprendizagem ou desenvolvimento:

- Terem prazer funcional;
- Serem desafiadoras;
- Criarem possibilidades ou disporem delas;
- Possuírem dimensão simbólica;
- Expressarem-se de modo construtivo ou relacional.

O prazer funcional nos jogos ocorre se forem divertidos, desafiadores, promoverem competições e interações. O desafio consistiria em estabelecer obstáculos, no entanto, que sejam possíveis a sua superação. As possibilidades seriam a promoção de atividades que sejam atrativas do ponto de vista afetivo e cognitivo. Quanto a dimensão simbólica do jogo, seria associá-lo a algo que faz correspondência com o suas experiências:

“A escola trabalha muito com conceitos e classificações. Sabemos que conceitos e classificações são muito poderosos no mundo do conhecimento, pois são ferramentas gerais que nos possibilitam encaixar os particulares como coisas conhecidas. Quando dizemos casa, por exemplo, podemos estar classificando uma casa particular a algo geral, uma casa qualquer.”(Macedo, Petty, Passos, 2005, pg.21)

A expressão construtiva do jogo seria sua capacidade de reunir diversos pontos de vista, de promover convergências, de dialogar com a diversidade de idéias e propor uma construção direcionada. “ Construção supõe prazer funcional, enfrentar desafios, tornar possível e jogar com significações.”(Macedo, Petty, Passos, 2005)

Tratando especificamente de jogos de cartas, há particularidades que devem ser consideradas. Inicialmente, esse tipo de jogo pode ter aspectos lúdicos, no entanto, podem manifestar o elemento de seriedade (Huizinga, 2000). Os jogos de

cartas com maior exigência intelectual tendem para associações, por exemplo, ao vencer as partidas os jogadores podem ver na atividade uma fonte de emoção e associá-la ao hábito de jogar. Esse hábito pode se tornar vício, que é um comportamento não incentivado no ambiente escola. Nesse aspecto é necessário que haja cuidado ao ser trabalhado num contexto de sala de aula. O aspecto lúdico pode ser comprometido quando o jogo se torna um hábito na sala de aula. O grau de organização e de complexidade também podem afastar a ludicidade do jogo. Assim, encontrar um equilíbrio entre aspectos de seriedade como a organização e a complexidade do jogo, sem que se perca o aspecto lúdico é um desafio a ser encarado pelo professor que assuma essas atividades em sala de aula. Pode ser um termômetro para avaliar esse equilíbrio quando for observado que os jogadores estão jogando como uma criança (Huizinga, 2000).

4.3.2 Uso de Jogos didáticos

Os jogos didáticos são recursos direcionados ao ensino de conteúdos em contexto escolar. Há uma categoria de jogos que também são utilizados para esse fim, que são denominados jogos educativos. De acordo com Kishimoto (1998) esses tipos de jogos se diferenciam quanto a sua utilização em outros contextos, sendo que essa é a premissa dos jogos educativos.

Kishimoto (1998) discute sobre as possibilidades que os jogos didáticos levam para a sala de aula, devido a sua natureza lúdica e educativa. Os estudantes têm a possibilidade de vivenciarem a diversão e o prazer inerentes a essa tarefa. Ao mesmo tempo, estão adquirindo aprendizagens de conteúdos, de comportamento e construção social e outras possibilidades de aprendizagens.

Refletindo sobre as possibilidades que essas atividades proporcionam, Kishimoto (1998) comenta que os professores que utilizam jogos didáticos podem proporcionar maior interação entre os alunos, dá-lhes maior liberdade de expressão e assim proporcionar um espaço de experimentação.

De acordo com Macedo (1995), os jogos didáticos se apresentam em três tipos: Jogos de exercícios, jogos simbólicos e jogos de regras. Os jogos de exercícios são aqueles em que ocorre assimilação funcional e repetitiva. Os participantes do jogo

devem realizar rotinas e essas podem se transformar em habilidades relacionadas aos conteúdos abordados no jogo. Os jogos simbólicos podem levar os alunos a criar analogias, invenções e a mitificação. O jogo de regras possibilita ao participantes desenvolver a competitividade a qual é uma característica inerente às relações sociais. Assim, um jogo didático ao reunir esses aspectos, torna-se uma ferramenta enriquecedora para abordagem de conteúdos. Para o ensino de Física, essa ferramenta é muito interessante para se trabalhar em sala de aula, por envolver ludicidade e cognição, podendo ser um facilitador para a abordagem de conceitos considerados difíceis pelos estudantes..

Ao trabalhar conceitos de termodinâmica, Rahal (2009) utilizou jogo de tabuleiro nas suas aulas. Os resultados que ele obteve foram o despertar do interesse dos alunos; o afloramento da criatividade, participação e dinamismo em sala de aula; maior compreensão dos conceitos trabalhados; aumento da interação, da capacidade de organização e tomada de decisões dos estudantes.

A proposta de minicongresso com temas da Física Moderna foi um caminho lúdico elaborado e desenvolvido em sala de aula por Figueira e Soares (2008). Em suas observações, verificaram grande envolvimento e divertimento dos alunos. Eles ressaltaram que discutirem e conversarem sobre esses temas em um ambiente descontraído provocou aumento de interesse dos estudantes para aprendizagem de ciências.

Em um estudo sobre jogos de tabuleiro em sala de aula Pereira, Fusinato e Neves (2009) afirmam que “os jogos apresentam grande potencial para despertar o interesse dos alunos pelos conteúdos” de Física. Eles dizem os jogos didáticos são “uma oportunidade para os estudantes estabelecerem uma relação positiva com a aquisição de conhecimento”. Ao analisarem testes informais, como eles mesmos denominam a coleta de dados, eles observam que é importante que o jogo traga um visual atrativo e o papel do professor é mediar a utilização do jogo, ou seja, direcioná-lo para o objetivo de sua aula. Verificam que ao interagirem com a atividade lúdica, os estudantes podem interagir com o conteúdo de modo a promover a sua aprendizagem

Assim, verifica-se que a busca em levar para sala de aula jogos didáticos traz possibilidade de novas abordagens para o mesmo conteúdo. A própria busca por essas possibilidades levam ao professor uma maior reflexão sobre suas práticas.

Verifica-se também que é um ramo a ser mais explorado no ensino de Física. O jogo em si pode se confundir com o saber científico, Macedo (1995) afirma que

“[...] No jogo pode-se encontrar respostas, ainda que provisórias, para perguntas que não se sabe as respostas. A explicação científica, também provisória, tem por vezes a melhor respostas, mas que nem sempre essa é acessível. Ou seja, existem assuntos que a ciência explica mas que não temos competência ou formação para compreender.[...]”

Portanto, a escolha de jogos didáticos deve levar em consideração o aspecto lúdico e educativo. Ao construir um jogo didático deve-se encontrar um equilíbrio entre esses dois aspectos. Um jogo em que se verifica mais ludicidade, pode comprometer a função didática, pode perder seu aspecto de ensinar. Por outro lado, se um jogo didático se caracterizar apenas pelo aspecto educativo, poderá não despertar o interesse dos estudantes, não desenvolvendo assim as várias aprendizagens inerentes a essa atividade.

CAPÍTULO 5:

METODOLOGIA

5.1 Desenho da pesquisa

Este trabalho trata-se de uma pesquisa qualitativa envolvendo a elaboração, aplicação e avaliação de um jogo didático que possa auxiliar professores e estudantes na abordagem de Física de partículas elementares no ensino médio.

Estudo teórico baseou-se na literatura a respeito da abordagem de **FMC** e de **FP** no **EM**. Posteriormente, pesquisou-se artigos que tratassem a elaboração de jogos para o ensino de Física e foi realizado um estudo teórico sobre a perspectiva da ludicidade e utilização de jogos didáticos.

Em um segundo momento, foi feita uma revisão do conteúdo e a elaboração de uma sequência de aulas possível de ser desenvolvida com alunos de ensino médio. Posteriormente, foram estudadas e discutidas possibilidades de tipos de jogos a serem confeccionados (tabuleiro, cartas, desafios, pergunta e resposta, entre outros). Uma vez tendo sido escolhido o tipo de jogo, partiu-se para a etapa de sua confecção e posterior aplicação com um pequeno grupo de estudantes. Nesse momento (aplicação piloto 1), foi avaliada a viabilidade do jogo que estava sendo desenvolvido e realizadas adequações segundo sugestões dos alunos. Essa aplicação contou com a participação de um grupo de estudantes do 1º e 2º anos que se disponibilizaram a contribuir com a elaboração da primeira versão do jogo, mesmo não conhecendo os conteúdos que seriam abordados. Após essa etapa, o jogo foi confeccionado em sua versão final, priorizando *design* para que o tornasse atraente para os alunos.

Depois de o jogo ter sido confeccionado foi realizada uma segunda aplicação (aplicação piloto 2) com turmas do 1ª ano para avaliar o interesse dos alunos pelo jogo e alguns critérios pré-estabelecidos como diversão, atratividade, estimulação, competição, interação, regras, objetivo, conhecimentos conceituais envolvidos, tempo despendido. Estas turmas também não haviam estudado o conteúdo, o que foi

interessante, pois foram capazes de estabelecer relações mesmo sem conhecimento teórico.

Para a realização da proposta de pesquisa, a sequência de aulas foi desenvolvida com 26 alunos da 1ª série da turma 1ºM1, em um total de 9 aulas de 60 minutos. Primeiramente foi aplicado o jogo e nas aulas subsequentes foram aplicadas as aulas elaboradoras a partir de textos sobre o tema Física de Partículas. Nesta etapa, foram avaliados o jogo e o conhecimento adquirido pelos alunos. Este último foi avaliado a partir de um teste de conhecimentos composto por 6 questões conceituais sobre o referido tema (apêndice C). A seguir destaca-se, esquematicamente, o desenho da pesquisa.

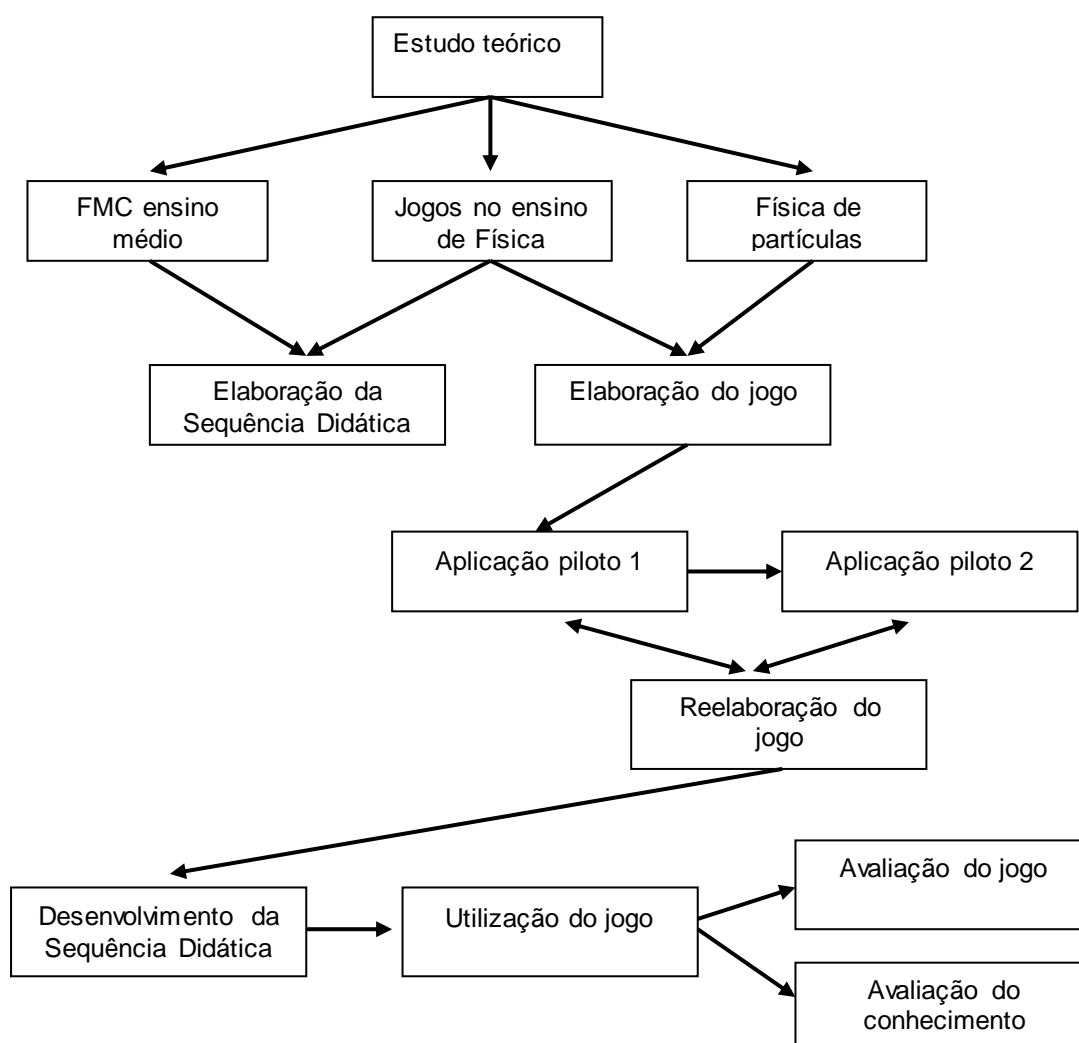


Figura 1: Desenho da Pesquisa.

5.2 Metodologia de elaboração do jogo

O desenvolvimento do jogo de cartas ocorreu ao longo do curso, tendo como fase inicial a escolha do tema. No primeiro dia de aula do programa de mestrado, fomos encorajados a trabalhar temas da Física Moderna e Contemporânea pelo coordenador do curso, por ser uma área pouco explorada no Ensino Médio.

O tema Física de Partículas foi escolhido inicialmente por ter sido um conteúdo que despertou curiosidade ao estudá-lo no curso de graduação em Física. O conceito de quarks e os nomes pelos quais eles são denominados: down, up, strang, charm, top e bottom, são considerados pitorescos, e por si despertam interesse para o seu aprendizado.

Assim, durante o curso, reuniu-se artigos e trabalhos acadêmicos que abordassem esses conteúdos. Dentre os trabalhos, destacaram a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) desenvolvida por Pinheiro (2009) ao qual aborda vários conceitos da Física de Partículas. Verificou-se nesse trabalho que a pesquisadora utilizou textos, vídeos, aulas expositivas e realizou avaliações à partir de Mapas Conceituais, questionários, representações gráficas aplicados durante a sequência de aulas. Questiona-se quanto ao número de aulas e a quantidade de conceitos que foram trabalhados sobre esse tema, haja visto que são, em sua maioria, conceitos novos, além de representarem modelos que não são observados no cotidiano do aluno.

Outro trabalho que despertou interesse foi uma proposta de inserção de jogos de cartas sobre Modelo Padrão, desenvolvido por Alves e Costa (2008), o qual aborda os quarks e como eles podem se combinar para formarem partículas. Os autores não apresentam resultados de sua aplicação em um contexto de sala de aula, mas propoem que sejam utilizados como material complementar para a inserção do tema no Ensino Médio.

Assim, o jogo de cartas foi concebido como uma proposta interessante para ser trabalhado em sala de aula, por sua potencialidade em despertar interesse pela natureza do jogo de cartas. Além disso, o Modelo de Partículas Elementares foi desenvolvido a partir de classificações estabelecidas de acordo com os números

quânticos das partículas, sendo a própria teoria uma inspiração para elaboração de jogos de estratégias e classificações.

Realizando-se o estudo sobre o modelo dos quarks com o auxílio do livro Física Moderna, dos autores Tipler e Llewellyn (2006), observou-se que era viável compor um jogo de cartas em que o objetivo era encontrar partículas. Para isso foram utilizados os dados das tabelas 13-7, 13-8 e 13-9 das páginas 427 e 428. Com os dados da tabela 13-7 foram elaborados as cartas-quarks e as cartas-objetivos. Para isso, foram utilizados apenas alguns dados encontrados nas tabelas tais como os números quânticos dos quarks s , u e d e suas respectivas antipartículas. Esses números quânticos foram o sabor, o spin, a carga elétrica e o número bariônico, conforme descritos nas tabelas a seguir:

	Sabor	Spin (\hbar)	Carga (e)	Número bariônico
Quarks	u (up)	$1/2$	$+2/3$	$+1/3$
	d (down)	$1/2$	$-1/3$	$+1/3$
	s (estranho)	$1/2$	$-1/3$	$+1/3$
Antiquarks	\bar{u}	$1/2$	$-2/3$	$-1/3$
	\bar{d}	$1/2$	$+1/3$	$-1/3$
	\bar{s}	$1/2$	$+1/3$	$-1/3$

Quadro 1: Tabela 13-7 (Tipler e Llewellyn) apresentando determinadas propriedades de quarks e antiquarks selecionados

Combinação	Spin (\hbar)	Carga (e)	Número bariônico
uuu	$3/2$	+2	1
uud	$1/2, 3/2$	+1	1
udd	$1/2, 3/2$	0	1
uus	$1/2, 3/2$	+1	1
uss	$1/2, 3/2$	0	1
uds	$1/2, 3/2$	0	1
ddd	$3/2$	-1	1
dds	$1/2, 3/2$	-1	1
dss	$1/2, 3/2$	-1	1
sss	$1/2, 3/2$	-1	1

Quadro 2: Tabela 13-8 (Tipler e Llewellyn) apresentando determinadas propriedades de combinações de três quarks

Combinação	Spin (\hbar)	Carga (e)	Número bariônico
$u\bar{u}$	0,1	0	0
$u\bar{d}$	0,1	+1	0
$u\bar{s}$	0,1	+1	0
$d\bar{u}$	0,1	-1	0
$d\bar{d}$	0,1	0	0
$d\bar{s}$	0,1	0	0
$s\bar{u}$	0,1	-1	0
$s\bar{d}$	0,1	0	0
$s\bar{s}$	0,1	0	0

Quadro 3: Tabela 13-9 (Tipler e Llewellyn) apresentando determinadas propriedades de combinações quark-antiquark para três quarks

As cartas-quarks eram compostas pelos quarks up(u), down(d), strange(s), antiup(\bar{u}), antidown (\bar{d}) e antistrange (\bar{s}). As cartas-objetivo eram compostas pelos dados da tabelas 13-8 e 13-9, contendo pelo menos três informações das partículas como o spin, a carga elétrica e o número bariônico. É importante destacar que são 12 quarks, mas para esse jogo foram abordados apenas os três quarks e antiquarks, citados anteriormente.



Figura 2: Primeira versão do jogo de cartas.

O jogo foi estruturado de forma que as cartas-quark e as cartas-objetivo tivessem três informações, no entanto, esses dados não são necessários durante o jogo.

A construção do jogo foi ocorrendo à medida que essas cartas eram jogadas pelos alunos, de várias turmas, da Escola Néa Salles Nunes Pereira. Os alunos davam dicas quanto a jogabilidade, opinando sobre uma forma mais divertida para eles jogarem. Um dos alunos questionou sobre outras formas de combinar as cartas, além da combinação dos quarks. Daí foi pensado na propriedade cor dos quarks. Sabe-se que os quarks podem se apresentar nas cores vermelha, azul e verde. Os antiquarks nas cores amarelo, ciano e magenta. De acordo com a teoria todas as partículas que existem na natureza são incolores. Assim, a quantidade total de cor é nula e as três cores estão presentes em proporções iguais (em analogia com a combinação das três cores primárias para produzir o branco). Assim, essa propriedade foi inserida como regra do jogo para que fosse também um desafio para os participantes.

A próxima etapa foi encontrar o número de cartas, para isso o grupo de pesquisa do Laboratório de Estatística (LESTAT) da Ufes orientou que se realizasse

um pré-teste com o jogo de acordo com critérios como tempo de partida, número de jogadores, número de objetivos e número de rodadas no jogo. Foi incluso cartas falsas, que seriam aquelas cujas cores não correspondem as cores que os quarks e antiquarks podem se apresentar. A tabela a seguir contém o número de cartas, 72 cartas-quarks e 18 cartas falsas, totalizando 90 cartas.

Quark e antiquark/cor	vermelha	verde	azul	Amarela	magenta	ciano
U	4	4	4	1	1	1
S	4	4	4	1	1	1
d	4	4	4	1	1	1
\bar{u}	1	1	1	4	4	4
\bar{d}	1	1	1	4	4	4
\bar{s}	1	1	1	4	4	4

Quadro 4: Número de Cartas do jogo de Cartas Quark.

O grupo do LESTAT sugeriu que mudasse o desenho das cartas, de modo que os participantes do jogo não descobrisse qual era a carta do adversário, principalmente relacionado às cores. Assim, um novo modelo de cartas foi desenvolvido.



Figura 3: Segunda versão do Jogo de Cartas.

Essa segunda versão do jogo foi testada por um grupo de alunos da turma de 2º ano (2ºM1), no início do mês de junho.

Pré teste do jogo de cartas com os Quarks				
		Partida nº		
		1	2	3
Tempo de partida	Horário do início:	09:14	10:52	10:57
	Horário do fim:	09:42	10:56	11:05
	Duração:	28min	4min	8min
Número de jogadores		6	6	6
nº de objetivos por jogador		3	2	2
nº de rodadas no jogo		18	2	4

Quadro 5: Pré-teste do jogo de Cartas Quark.

Observa-se que para um grupo de seis integrantes, a duração da partida diminui quando se diminui o número de objetivos. É importante destacar, que esses alunos têm hábito de jogar, nesse sentido o tempo de partida foi menor do que foi observado em partidas com jogadores que não costumam jogar. Esses jogadores apontaram para a necessidade de ter uma carta coringa, para que o jogo se tornasse mais dinâmico. Assim, foi proposto que se incluísse duas cartas e essas cartas foram denominadas cartas-glúon (fazendo-se alusão à partícula mediadora da força forte, o glúon).



Figura 4: Primeiro teste com a segunda versão do jogo de cartas.

No final do mês de junho, foi realizado o segundo teste da segunda versão do jogo de cartas. Nesse teste, foram incluídas duas cartas glúon. Observou-se nesse teste que o tempo de cada partida era proporcional ao número de jogadores e ao número de cartas-objetivo para cada integrante. Assim, há indicativo que as cartas glúon poderiam diminuir o tempo de partida.



Figura 5: Segundo teste com a segunda versão do jogo de cartas.

Com esse teste, foi definido que para grupos de cinco a seis jogadores, cada um deveria receber duas cartas-objetivo e seis cartas-quark. Definiu-se também que ficaria sobre a mesa de jogo as possibilidades de cores dos quarks e antiquarks. Posteriormente, foram elaboradas duas cartas, uma delas contendo as possibilidades de cores dos quarks e dos antiquarks. Essas cartas em sua versão final foram denominadas bárions e mésons, incluindo as possibilidades de cores para formação dessas classes de partículas.

A próxima etapa de construção do jogo de Cartas Quark foi a elaboração do desenho final produzido por um designer gráfico. Foi dado a esse profissional a liberdade artística para a versão final do jogo, no entanto, foi orientado que ele mantivesse as informações descritas nas cartas. Esse processo teve a duração de duas semanas.

Com a versão final das cartas em arquivo de imagem jpeg, foi feita a versão impressa em uma gráfica, utilizando papel couchê. Esse processo levou um intervalo de tempo de uma semana, pois a própria gráfica realizou o corte das cartas com as

bordas arredondadas. Também, leva-se em conta que foram impressos cinco baralhos, contendo cada um:

- 90 cartas-quarks;
- 18 cartas-objetivos;
- Duas cartas glúon (coringas);
- Duas cartas bárions e mésons.



Figura 6: Versão final do jogo de Cartas Quark

As cartas do jogo de Cartas Quark e as regras do jogo estão nos apêndices E e F.

5.3 Metodologia de avaliação do jogo

5.3.1 Elaboração de instrumento de coleta de dados

Com a finalidade de se obter informações sobre a elaboração, a construção e a aplicação do jogo em sala de aula, foram coletados dados durante todas essas atividades. Os critérios Satisfação e Eficiência foram analisados utilizando os seguintes instrumentos de coleta de dados:




- Avaliação escrita sobre conceitos da Teoria dos Quarks (apêndice C);
- Questionário de opinião sobre o jogo (apêndice D);
- Observação e anotações da pesquisadora/professora;
- Filmagens;
- Fotografias.



Figura 7: Levantamento de dados.

Essas informações foram obtidas da turma 1^oM1, do turno matutino da Escola de Ensino Fundamental e Médio “Néa Salles Nunes Pereira”, com a finalidade de analisar o desempenho de 24 alunos dessa turma mediante a aplicação do jogo de Cartas Quark e a sequência de aulas sobre Física de Partículas utilizando-se os três módulos de ensino. Durante essas atividades foi escrito o diário de classe, capitados os vídeos e imagens. Após a sequência de aulas foi aplicada a avaliação escrita e o questionário de opinião. A visualização de comentários em redes sociais foi feita no final de todas essas etapas descritas.

Para o questionário de opinião foi estabelecido a seguinte métrica:

		
Não	Não sei	Sim
1	1	1

Quadro 6: Métrica do questionário de opinião.

Assim, esses dados foram tabulações em planilha eletrônica e para ampliar a análise foram gerados gráficos.

5.3.2 Análise das contribuições do jogo de Cartas Quark.

Ao analisar sobre a forma de avaliação que os professores adotam para verificar aprendizagens, observa-se que a verificação da capacidade cognitiva do aluno é predominante nessas atividades em sala de aula. No entanto, segundo Zaballa (2015), outras capacidades devem ser avaliadas além dos conteúdos das disciplinas.

A definição de aprendizagem de conteúdos, segundo Zaballa, segue em três tipologias. Tem-se a aprendizagem dos conteúdos procedimentais; a aprendizagem dos conteúdos atitudinais; a aprendizagem de conceitos e princípios. Os conteúdos procedimentais podem ser adquiridos quando os sujeitos realizam ações ordenadas para alcançar um objetivo. Os conteúdos atitudinais podem ser adquiridos quando os sujeitos compartilham valores, por exemplo, ao emitirem opiniões, ao se comportarem de forma solidária. Também se associa à forma como cada indivíduo realiza sua tarefa em meio ao grupo e às normas ou regras construídas e cumpridas por todos os sujeitos. A aprendizagem de conceitos e princípios deve ser uma ação inacabada, pois é possível que os sujeitos ampliem ou aprofundem seu conhecimento conceitual.

Assim, observa-se que todos esses tipos de aprendizam podem ser verificados na aplicação de jogo didáticos. Essa ferramenta pode ser utilizada em sala de aula por apresentarem as seguintes características: Terem prazer funcional; serem desafiadores; criarem possibilidades ou disporem delas; possuírem dimensão simbólica; expressarem-se de modo construtivo ou relacional (Macedo, Petty, Passos, 2005).

Para esse trabalho, associando-se as definições de aprendizagem às características do jogo didático, foi proposto os seguintes critérios para avaliação do jogo de Cartas Quark: A Satisfação e a Eficiência do Jogo. A Satisfação está relacionada à Socialização e à Motivação. Quanto à Socialização foram adotados os seguintes parâmetros na avaliação por observação: a competição, a interação e o trabalho em grupo. Quanto à Motivação foram adotados os seguintes aspectos na análise por observação: a diversão, a atratividade e a estimulação.



Figura 8: Critério Satisfação do jogo de Cartas Quark.

A Eficiência do jogo, foi avaliada quanto à Aprendizagem que os jogadores podem obter ao participarem das partidas. Assim, para esse estudo foram considerados as seguintes maneiras de se adquirir conhecimento pela aprendizagem do jogo: Conhecimento do Jogo; conhecimento procedimental; conhecimento atitudinal; conhecimento conceitual.



Figura 9: Critério Eficiência do jogo de Cartas Quark.

Para analisar cada conhecimento foram definidos os seguintes critérios: Conhecimento do jogo ocorre quando os jogadores aprendem as regras e os objetivos para vencê-lo. O Conhecimento procedimental é observado quando os jogadores procedem de acordo com as regras. O Conhecimento atitudinal pode ser verificado quando o jogador decide obedecer as regras. O conhecimento conceitual quando se verifica que o jogador mediante os conhecimentos relacionados ao jogo, decide criar estratégias, novas jogadas e outras formas de jogar. Além desses aspectos, pode-se inferir que o Jogo de Cartas Quark proporciona conhecimentos sobre conceitos de Física de partículas, sendo considerado um aprofundamento do conhecimento conceitual.

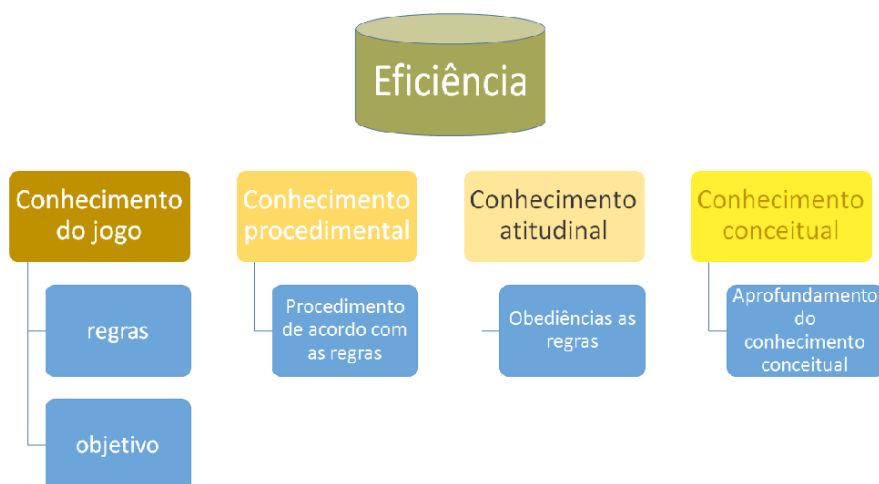


Figura 10: Conhecimentos adquiridos através do jogo.

Os critérios Satisfação e Eficiência foram analisados utilizando os seguintes instrumentos de coleta de dados:

- Avaliação escrita sobre conceitos da Teoria dos Quarks;
- Questionário de opinião sobre o jogo;
- Observação e anotações da pesquisadora/professora;
- Vídeos e imagens;

Essas informações foram obtidas da turma 1^oM1, do turno matutino da Escola de Ensino Fundamental e Médio “Néa Salles Nunes Pereira”, com a finalidade de analisar o desempenho de 24 alunos dessa turma mediante a aplicação do jogo de Cartas Quark e a sequência de aulas sobre Física de Partículas utilizando-se os três módulos de ensino. Durante essas atividades foi escrito o diário de classe, capitados os vídeos e imagens. Após a sequência de aulas foi aplicada a avaliação escrita e o questionário de opinião. A visualização de comentários em redes sociais foi feita no final de todas essas etapas descritas.

CAPÍTULO 6:

RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Avaliação do protótipo do jogo

Essa avaliação é baseada nas anotações e observações da pesquisadora/professora. Essa metodologia de coleta de dados e análise tem como justificativa a natureza do programa de mestrado profissional, pois trata-se de produzir materiais que podem auxiliar outros professores em suas práticas. Assim, as impressões sobre a construção do jogo de Cartas Quark que serão apresentadas, vão ao encontro do próprio processo de formação e formação continuada da pesquisadora/professora.



Figura 11: Cartas Quark, protótipos e versão final.

A avaliação do jogo é apresentada na tabela 4:

Avaliação do jogo de Cartas Quark	
Objetivo do jogo	Desde a sua primeira versão, ainda em cartolina, o objetivo do jogo foi de levar aos alunos alguns conceitos de Física de Partículas. Esses conceitos são pouco abordados no Ensino Médio, e por consequência, há poucos materiais e textos sobre esse assunto, comparando-se a outros temas da Física. Assim, foi observado pelos os alunos e a pela professora envolvida na processo de construção do jogo que o objetivo foi alcançado, pois surgiram perguntas como "o que são essas letras u, s, d?", "o que são glúons", "o que são os números (spin, carga elétrica, nº bariônico) que estão nas cartas?". No final do processo de construção do jogo, tanto os alunos que contribuíram para a sua construção, quanto aqueles que jogaram na versão final já estavam familiarizados com os conceitos nele impressos.
Dificuldades	As dificuldades encontradas na utilização do jogo de Cartas Quark em sala de aula foram observadas quando foi proposta uma disputa entre os grupos. Explicar as regras para todos os alunos ao mesmo tempo foi uma das dificuldades encontradas. Outra observação seria a de que nem todos gostam de jogar cartas, sendo observado que alguns alunos optaram por não participar.
Regras	Verificou-se que os jogadores compreendiam rapidamente as regras. Foi observado que aqueles que não captavam tão rápido, eram ajudados por outros jogadores. Aqueles que tentavam burlar as regras eram chamados atenção pelos outros integrantes da partida.
Visual	O visual do jogo foi construído ao longo do processo de sua elaboração. A arte final foi feita por um profissional da área de designer. Foi observado que o jogo atrai atenção, principalmente pelas cores. Alunos que jogaram, postaram em redes sociais que se tratava de "Uno da Física". Provavelmente, esses alunos fizeram alusão ao jogo Uno devido as cores e a interação que esse jogo promove.
Tempo gasto para jogar	O tempo de jogo varia, mas foi observado que quanto mais familiarizados com as regras, menor era o tempo de partida. Para grupo de seis jogadores, a partida tem uma duração média de 15 min.
Usabilidade	Usabilidade é um critério para analisar a utilização de alguma ferramenta para um determinado objetivo. Referindo-se ao jogo de Cartas Quark, foi observado que os alunos não demonstravam dificuldade em realizar jogadas por não conhecerem os conceitos físicos abordados nas cartas. Assim, verificou-se que para jogar não era necessário que os alunos conhecessem teoria física. Bastava o conhecimento das possíveis combinações de letras (quarks u, s e d) e as de cores para que fosse realizada a partida.
Engajamento	Observou-se que os alunos enquanto jogavam, mantinham-se atentos a possibilidade de jogadas de acordo com o objetivo que possuíam. Notou-se que comentários e perguntas eram referentes ao jogo durante as partidas. Assim, verificou-se que os jogadores estavam dispostos a atingirem o objetivo do jogo, ou seja, vencer as partidas.
Satisfação	Os jogos de cartas são em geral muito utilizados quando se trata de trabalhar o foco e o trabalho em equipe. Essas atividades trazem emoções positivas, por promoverem afeto, diversão e atraírem pessoas. O jogo de Cartas Quark pode proporcionar reações semelhantes ao de outros jogos de cartas. Essas impressões podem ser corroboradas quando ao entrar em sala de aula a professora é surpreendida com as perguntas: "Cadê os jogo de cartas, professora?", "Quando iremos jogar de novo?".

Quadro 7: Avaliação do Jogo de Cartas Quark.

6.2 Avaliação da aplicação do jogo em sala de aula

A aplicação do jogo de Cartas Quark foi realizada na turma 1ºM1 da EEEFM Néa Salles Nunes Pereira e contou com a participação de 26 estudantes. Essa atividade foi precedida pelas aulas sobre O tema Física de Partículas, realizada em três módulos. Após essas atividades, foi aplicado a “Avaliação sobre a Teoria dos Quarks” e o “Questionário de Opinião sobre o jogo de Cartas Quark”. A seguir serão apresentadas as análises dessas atividades.

6.2.1 Análise das respostas dadas ao questionário de opinião sobre o jogo

Os gráficos foram gerados à partir do “Questionário de Opinião sobre o jogo de Cartas Quark”. As Questões foram agrupadas em três blocos: Comentários sobre Jogos; Comentários sobre o jogo de Cartas Quark; Comentários sobre conceitos do jogo de Cartas Quark.

6.2.1.1 Resultados com relação a Jogos em geral

Pelo gráfico 1, observa-se que os respondentes do questionário, em sua maioria, utilizam jogos no seu cotidiano. Os jogos preferidos desse grupo são os de aplicativos de celulares. Há também uma tendência para jogos de consoles e de cartas. Verifica-se que há um considerável gosto por jogos de cartas. Essas respostas sinalizam para uma rota de jogos que podem ser trabalhados num contexto de sala de aula. Devido a sua praticidade para elaboração e construção, os jogos de cartas podem ser ferramentas didáticas que vão ao encontro da preferência dos estudantes.

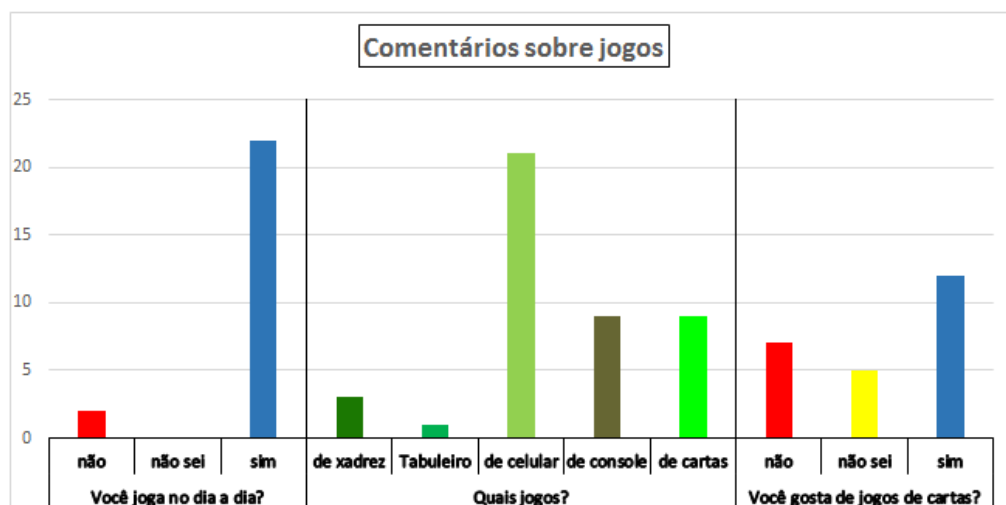


Gráfico 1: Opinião sobre jogos.

6.2.1.2 Resultados relacionados ao jogo de Cartas *Quark*

Como já foi observado, os alunos demonstram interesse por jogos de cartas nesse grupo pesquisado. Após jogarem o jogo de Cartas Quark, pelo gráfico 2, verificou-se que na opinião deles o jogo possibilitou maior compreensão sobre Partículas Elementares. A opinião deles está de acordo com a nota que eles obtiveram na avaliação que foi aplicada após o jogo e as aulas sobre esse tema. É necessário realizar um estudo mais aprofundado para comprovar essa relação.

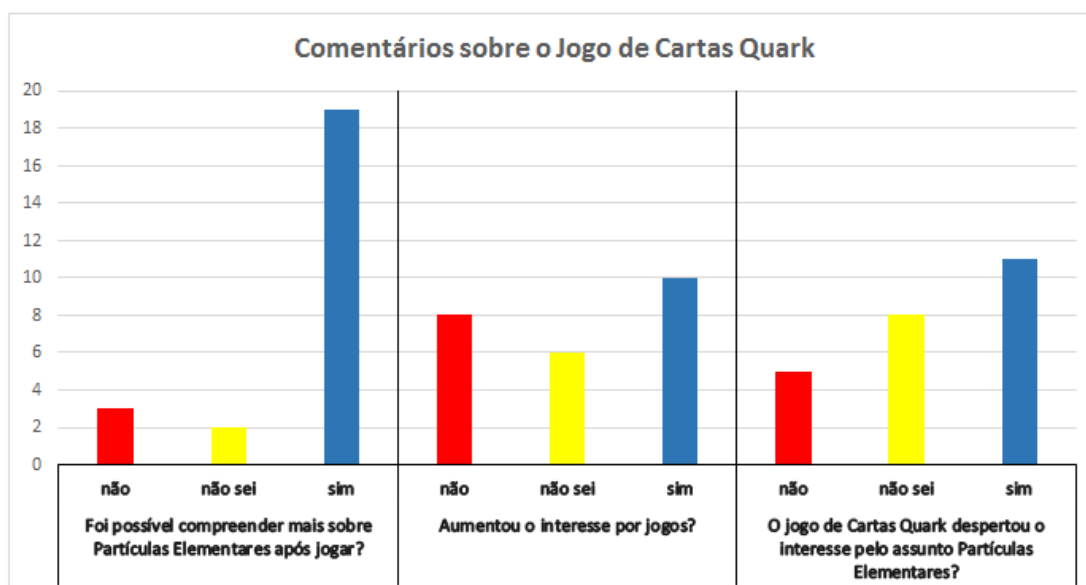


Gráfico 2: Comentários sobre o jogo de Cartas Quark.

Quanto ao aumento de interesse por jogos ou mesmo interesse pelo assunto Partículas Elementares, há indícios de aumento de interesse por jogos e pelo referido tema. Vários fatores podem ter levado os alunos a essas respostas, como a interação entre indivíduos que gostam de jogos com aqueles que não gostam ou não têm hábito de jogar. As interações positivas podem ter levado a esses alunos afeição, satisfação ao jogar esse jogo.

6.2.1.3 Resultados sobre a compreensão de conceito físicos a partir do jogo de Cartas *Quark*.

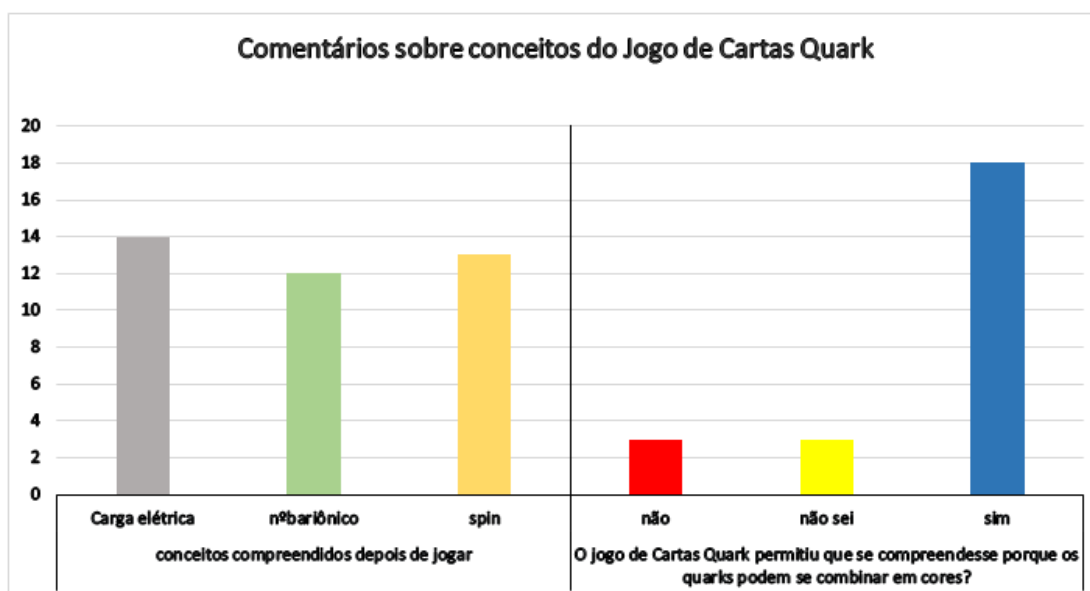


Gráfico 3: Comentários sobre conceitos do jogo de Cartas Quark.

Observa-se a contribuição do jogo para a compreensão de conceitos básicos importantes. O conceito de carga elétrica apresenta maior frequência, o que pode ser explicado pelo fato de estar presente no currículo escolar de ciências desde o nono ano do Ensino Fundamental, quando são abordados os modelos atômicos. Portanto, ao contrário dos demais, que comumente não são abordados na educação básica, o conceito de carga elétrica não é novo ou estranho aos alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Vale destacar que, reconhecer quais partículas são bariônicas, foi um conhecimento avaliado na questão 3 da Avaliação sobre a Teoria dos *Quarks*, tendo sido a questão com uma das maiores médias de acertos da turma.

Ao se analisar a opinião dos alunos sobre jogo ter permitido que eles compreendessem porque os *quarks* podem se combinar em cores, verifica-se que

maioria respondeu positivamente a essa questão. Esse resultado está de acordo com o que foi observado na avaliação escrita aplicada ao final do trabalho com o tema Física de Partículas. Na questão 2 da avaliação, a qual pergunta quais são as possibilidades de cores e *anticores* das partículas, foi observada uma média elevada de acertos.

6.2.2 Análise das contribuições do jogo para a aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes

6.2.2.1 Conhecimentos conceituais

O jogo de Cartas Quark aborda os seguintes conceitos sobre Física de Partículas:

- Quarks;
- Partículas subatômicas;
- Antipartículas;
- Partículas mediadoras: o glúon;
- Carga cor;
- Carga elétrica;
- Spin;
- N^o bariônico.

O jogo é composto por :

- cartas quarks (s,u,d) que se apresentam em cores aditivas: vermelho, verde e azul;
- cartas antiquarks (\bar{s} \bar{u} \bar{d}) que se apresentam em cores subtrativas: magenta, amarela e ciano.
- As cartas quarks e antiquarks apresentam os números quânticos: carga elétrica, spin e n^o bariônico;
- Cartas objetivo que são composta pelas seguintes informações: simbolo da partícula; combinação de quarks; números quânticos equivalentes a sua combinação de quarks;

- Carta glúon. Essa carta **não** representa no jogo a mesma função que a partícula mediadora;
- As cartas bárions com as possibilidades de combinações de cores aditivas e as cartas mésons com as possibilidades de cores aditivas e subtrativas (cor e anticor).

Assim, temos como exemplo: Realize a seguinte jogada.



Figura 12: Carta objetivo. Próton.

- ✓ Esse objetivo pede que o jogador encontre as seguintes combinações de quarks: **uud**.
- ✓ Como o próton é uma partícula bariônica, os quarks se combinam em cores aditivas de modo a ter uma cor neutra (branca).
- ✓ Assim há três possibilidades de cores para cada quark: vermelha, verde e azul.
- ✓ Carga elétrica: +1;
- ✓ Nº bariônico: 1;
- ✓ Spin: $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{2}$;

Para essa jogada foi encontrada a seguinte possibilidade:



Figura 13: Cartas quarks.

Observe que as combinações de cartas quarks atendem a:

- ✓ Combinação de quarks: uud;
- ✓ A possibilidades de combinações de cores: verde, azul e vermelha;
- ✓ N° bariônico: $+1/3+1/3+1/3= 1$;
- ✓ Carga elétrica: $+2/3+2/3-1/3= +1$;
- ✓ Spin: $+1/2+1/2+1/2= 3/2$.

Para chegar a esse objetivo o jogador tem que pensar pelo menos nas possibilidades de cores, pois ele tem em mãos a carta objetivo a qual mostra quais são os quarks que formam a determinada partícula. Caso ele não lembre quais são as três cores aditivas, ele tem acesso as cartas bárions e mésons.

Os números quânticos n° bariônico, carga elétrica e spin são apresentados nas cartas quarks e cartas objetivos. No entanto, para realizar as jogadas, esses valores não são necessários. Assim, durante o jogo os conceitos significantes são:

- quark;
- antiquark;
- carga cor: cores aditivas (cor) e cores subtrativas (anticor).

Para averiguar se esses conceitos são bem trabalhados durante as partidas do jogo de Cartas Quark, foi realizada análise das questões Q2 e Q3 da “Avaliação sobre a Teoria dos Quarks”, aplicada na turma 1ºM1. A questão Q2 pergunta quais são os bárions e os mésons, de acordo com a combinação de quarks e antiquarks. A questão Q3 pergunta quais são as possíveis combinação de cores das partículas referenciadas na questão. De acordo com o gráfico 4, obervou-se que:

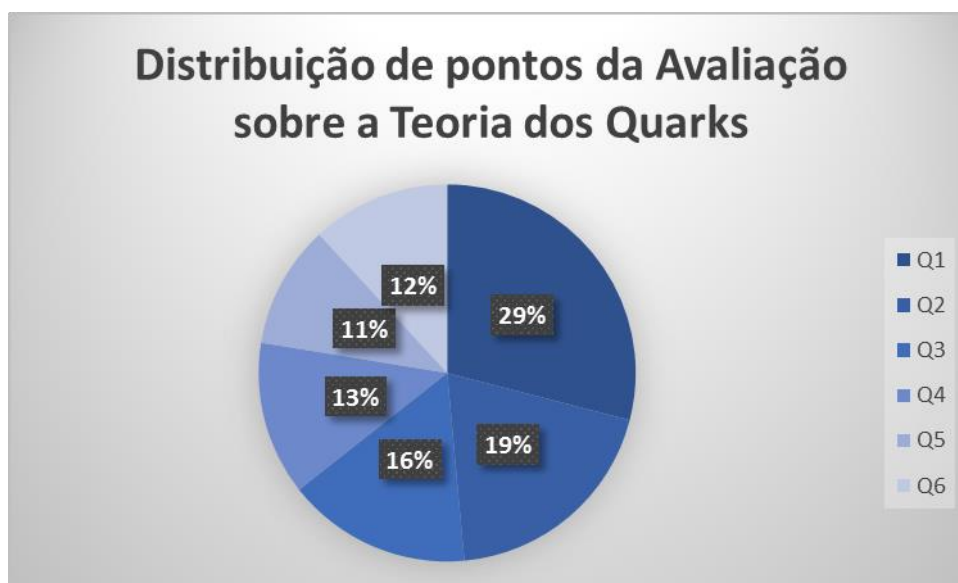


Gráfico 4: Distribuição de pontos da avaliação sobre a Teoria dos Quarks.

- A questão Q1 foi a que obteve maior porcentagem de acertos. Trata de uma questão de múltipla escolha que fazia a seguinte pergunta: Qual a proposta do modelo dos Quarks?
- As questões Q2 e Q3 foram as que obtiveram maior porcentagem de respostas certas, com excessão da questão Q1.
- Com essa análise, pode-se dizer que o jogo pode levar aos alunos a se apropriarem de conceitos que estão explícitos no jogo, como a combinação de quarks e cores, a classificação das partículas como bárions e mésons. Essa abordagem pode ser considerada um recurso com grande potencial para trabalhar conceitos, ou mesmo termos, que não estão no vocabulário científico do estudante.

6.2.2.2 Conhecimentos procedimentais

Assim como é necessário embaralhar e dividir as cartas de um jogo entre o integrantes de uma partida, toma-se esse mesmo procedimento no jogo de Cartas Quark. No entanto, há particularidades nesse jogo como o embaralhamento de dois conjuntos de cartas: as cartas objetivo e as cartas quark.

Para iniciar a partida deve ser definido o número de jogadores e quantas cartas objetivo e cartas quark cada participante irá receber. Não há regra definida para quais indivíduos irão embaralhar e repartir as cartas, essa etapa inicial é negociada entre os jogadores.

Para um grupo de seis integrantes, foi observado que podem ser distribuídas até duas cartas objetivo e seis cartas quark para que a partida seja disputável e seja mantido o engajamento dos jogadores. A seguir estão sequenciados os procedimentos das partidas do jogo de Cartas Quark.(Figura 16)

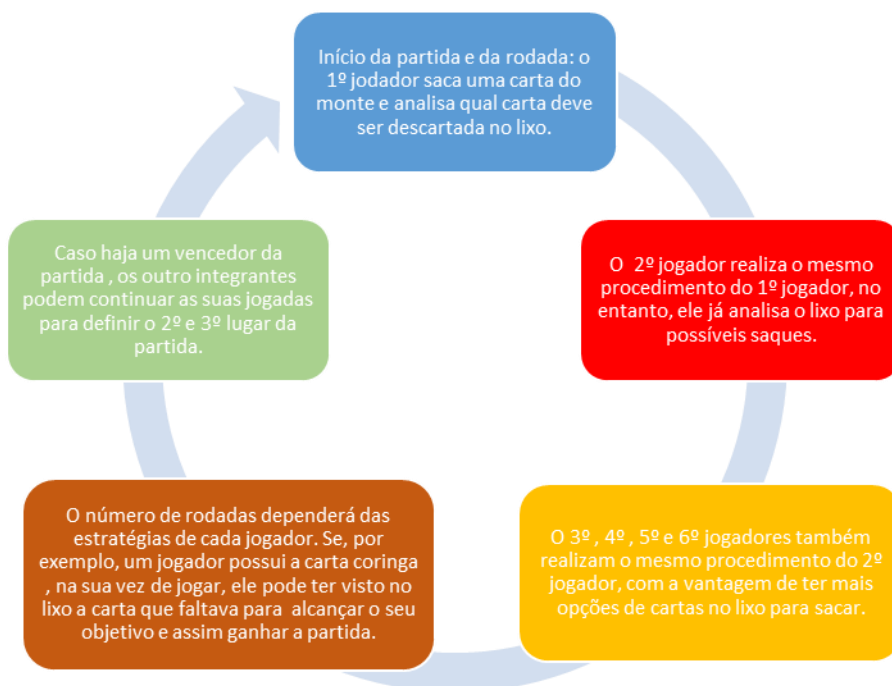


Figura 14: Procedimentos durante uma partida do jogo de Cartas Quark.

Esses conjuntos de ações ocorrem de forma dinâmica, pois à medida que cada jogador vai ganhando experiência, o tempo de jogada diminui. Quando eles percebem que não basta sacar do monte, mas é importante observar que há cartas no lixo que podem ser úteis para fechar a sua sequência e que se tiverem posse da carta coringa (carta glúon) podem sacar qualquer carta do lixo, o jogo em si passa a ter mais dinamismo. Assim é possível verificar que os jogadores dominam as regras e procedimentos do jogo de Cartas Quark.

Foi possível organizar essas ações através de observações que foram feitas enquanto os estudantes participavam do jogo. Em alguns momentos eles próprios reinventavam forma de jogar, demonstrando que o jogo promovia esse dinamismo.

6.2.2.3 Conhecimentos atitudinais

O jogo de Cartas Quark pode ser analisado quanto ao comportamento dos jogadores. As atitudes dos jogadores, como a competição, a interação e o trabalho em grupo são dimensões que estão implícitas durante as partidas. O indivíduo que têm espírito competitivo procurará lançar estratégias de modo que ele esteja à frente dos outros. Foi observado, em um dos testes do piloto do jogo, que um aluno memorizou rapidamente as combinações de cores dos bárions e mésons e decidiu lançar o desafio entre os participantes de não deixar dispostas as cartas mésons e bárions na mesa. No entanto, os outros jogadores não aceitaram a sugestão, pois reconheceram que nem todos haviam memorizado. Foi observado também que quando alguns participantes não compreendiam bem as regras, eram ajudados pelos que haviam compreendido. Assim, verifica-se que houve nessa atividade elementos que contribuem para a interação entre um grupo de jogadores.

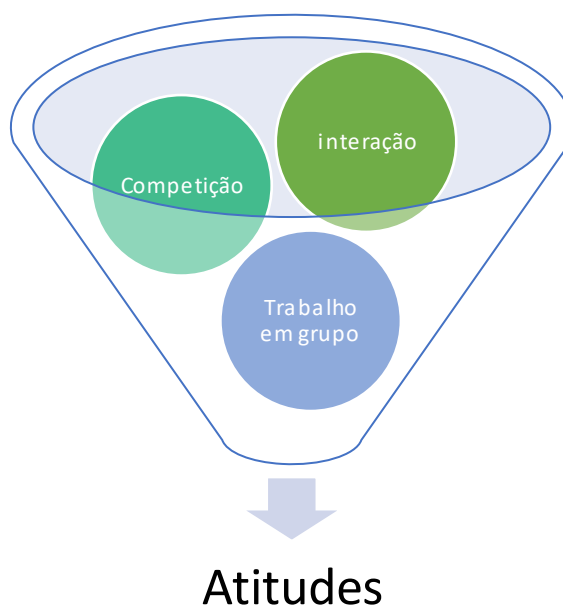


Figura 15: Atitudes durante o jogo.

Foi observado nas partidas do jogo de Cartas Quark que os jogadores se interessavam em conhecer as regras. No entanto, pelo espírito competitivo do jogo, alguns indivíduos tentavam implantar regras não consonantes com as já estabelecidas. Por exemplo, o ato de blefar ao dizer que havia ganhado a partida, era repudiado pelos outros jogadores, sendo observado que muitos eram convidados a se retirar da mesa de jogos, ou pagar uma prenda para que ele se mostrasse arrependido de agir contra as regras. Assim, um jogo didático pode levar os alunos à adquirir hábitos de respeito aos colegas.

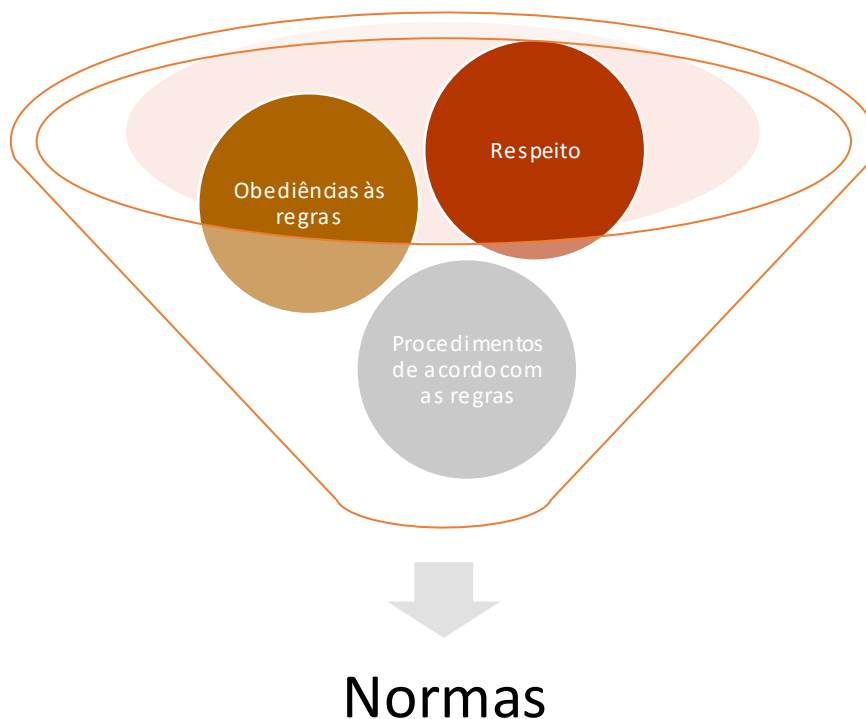


Figura 16: Procedimentos quanto às normas.

As atividades em grupo nem sempre começam pela necessidade de interação, mas podem ser estimuladas em um contexto de sala de aula para promover valores entre os estudantes. Foi observado que alguns estudantes mostravam entusiasmo durante as partidas e quando as venciam eram reconhecidos pelos outros participantes. Alguns alunos mostraram-se mais engajados após a participação no jogo. Foi observado que a aluna vencedora da competição realizada na turma 1ºM2, passou a sentar na primeira fileira e a ter participação ativa nas aulas de Física. Essa aluna expressou em redes sociais que amou o jogo “Uno de Física”. Alunos que participaram da construção do piloto do jogo de Cartas Quark se mostraram interessados em aprender sobre a teoria física envolvida. Uma aluna desse grupo acertou a maioria das questões quando foi aplicada mesma avaliação da turma da pesquisa (1ºM1).

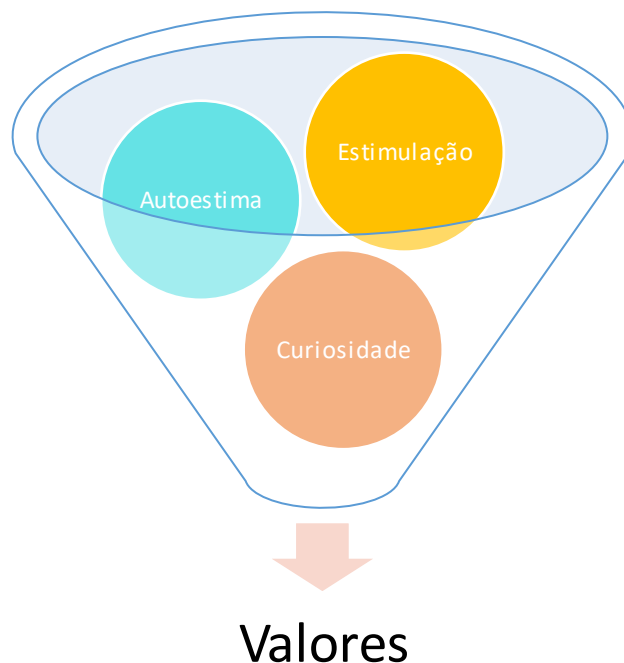


Figura 17: Valores observados durante o jogo.

Estes resultados corroboram com as várias formas de avaliar aprendizagem dos estudantes, segundo Zabala (2015). A aprendizagem de conceitos é um dos aspectos fundamentais para a formação do indivíduo, mas os outros aspectos como os procedimentais e atitudinais são considerados no mesmo nível de importância. A capacidade do sujeito em resolver problemas cotidianos transcende os conhecimentos conceituais. A autoestima, o respeito às regras da sociedade, a capacidade de trabalhar em grupo, entre outras, são aspectos da formação do indivíduo que devem ser melhor trabalhados em ambientes de formação, seja o meio familiar, seja a escola, seja o meio do trabalho.

CAPÍTULO 7:

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo a elaboração de um jogo didático com a temática Física de Partículas, concluindo-se que que mediante a tantas possibilidades de jogos, o jogo de cartas foi escolhido pelas suas características e por se adequar às regras de classificação de partículas, de acordo com o Modelo Padrão de Física de Partículas. A elaboração do jogo foi possível devido às contribuições dos alunos do 2º e 3º ano da Escola Néa Salles Nunes Pereira e do laboratório de Estatística da Ufes. Nesse processo houve aquisição de conhecimento sobre o tema por parte de todos os colaboradores, observando-se que compreendiam conceitos tais como partículas elementares, hádrons e mésons e alguns números quânticos.

Na outra etapa da pesquisa, que consistiu na aplicação do jogo na turma do primeiro ano selecionado para esse estudo, foi realizado um estudo sistemático sobre as contribuições do jogo para uma abordagem do tema Física de Partículas. Nesse estudo verificou-se que o jogo trouxe várias aprendizagens. A fim de analisá-la adotou-se as tipologias de aprendizagem de acordo com Zabala (2015) que consistem em aprendizagem conceitual, procedimental e atitudinal. Avaliando-se a aprendizagem conceitual observou-se que os sujeitos da pesquisa adquiriram conhecimentos como o de partículas elementares, a de combinações de quarks para formarem partículas hadrônicas e mesônicas, a de números quânticos como spin, carga elétrica e número bariônico e carga cor. O jogo de Cartas Quark possibilitou que esses conceitos pudessem ser melhor compreendidas.

Verificou-se que as aprendizagens procedimentais e atitudinais sobre o jogo de Cartas Quark potencializou a aprendizagem conceitual. Ao retomar o aspecto lúdico do jogo, observou-se que os indicadores de uma atividade lúdica (Macedo, Petty e Passos, 2004) como o prazer funcional, serem desafiadores, criarem possibilidades e disporem delas, possuírem dimensão simbólica e expressarem de modo construtivo ou relacional, estão presentes nesse jogo. Assim, pode-se relacionar que o aspecto

lúdico do jogo levou aos estudantes a aquisição de aprendizagens procedimentais e atitudinais.

Devido ao prazo curto para essa pesquisa, não foi possível retomar os conceitos aprendidos sobre o tema, pois o currículo do primeiro ano não contempla uma abordagem mais aprofundada. No entanto, um grupo de alunos do 3º ano. Ao apresentar seminários sobre FMC, tomaram como temática a Física de Partículas. Durante a apresentação, em vários momentos fizeram alusão ao jogo de Cartas Quark. Mediante a esse aspecto, o ensino de FP pode ser mais explorado nessa série. É importante relatar a não inclusão de conceitos de léptons e outros números quânticos no jogo de Cartas Quark. O motivo seria o aumento da complexidade e de um aspecto prático que seria a inclusão de mais cartas, podendo comprometer o aspecto lúdico do jogo.

Para que o jogo de Cartas Quark não perca a sua natureza didática é necessário direcionar a atividade. Observou-se que muitos alunos que participaram de partidas do jogo, estavam mais focados na atividade lúdica e pediam constantemente que tivessem mais aulas com esse jogo. Um determinado aluno exclamou: “Estamos viciados nesse jogo, professora!”.

Mediante a todos esses aspectos, pode-se afirmar que em todas as etapas dessa pesquisa que consistiram em estudar mais profundamente o tema, elaborar o jogo e aplicá-lo em sala de aula, implicaram em grande desafio para a professora/pesquisadora devido aos poucos trabalhos acadêmicos sobre o ensino de FP no EM. Cada etapa foi realizada de forma reflexiva e empírica, com a colaboração de vários sujeitos, citados anteriormente. Nesse sentido, pode-se afirmar que essa professora/pesquisadora desenvolveu habilidades como o de trabalho em equipe, a de liderança e de empreendedorismo

Portanto, é possível afirmar que o desafio de elaborar um jogo didático sobre FP foi vencido. Há possibilidades de estudos futuros com uma amostra de pesquisar maior, a fim de aprofundar na temática de jogos didáticos no ensino de Física.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

BAROJAS, J. (Ed.) **Cooperative networks in physics education**. New York: American Institute of Physics, 1988. (AIP Conference Proceedings, 173).

BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. **Física aula por aula. Livro do Professor**. São Paulo: FTD, 2010.

CHEVALLARD, . **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

DE MACEDO, Lino. **Os jogos e sua importância na escola**. Cadernos de Pesquisa, n. 93, p. 05-11, 2013.

ESPÍRITO SANTO/SEDU. **Currículo Básico Escola Estadual: Área de Ciências da Natureza, Matemática**. Vitória: SEDU, 2009.

FILGUEIRA, S. S.; SOARES, M.H. F. B.. **O Lúdico no ensino de Física: Elaboração e desenvolvimento de um minicongresso com temas de Física Moderna**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória-ES, 2008.

GASPAR, A. Física. 1. ed. vol. único. São Paulo: Editora Ática, 2005.

HUIZINGA, J. **Homo Ludens**. Coleção Estudos. 4ª ed.-reimpressão. São Paulo: perspectiva, 2000. Disponível e:http://jnsilva.ludicum.org/Huizinga_HomoLudens.pdf
Acesso em: 05/04/2016.

KISHIMOTO, T. M. **O Jogo e a Educação Infantil**. São Paulo: Pioneira, 1998.

LOZADA, C. de O.; ARAÚJO, M.S.T.de.(2007). **Física de Partículas Elementares no EM: as perspectivas dos professores em relação ao ensino do modelo padrão**. Anais do VI ENPEC, Florianópolis.

MACEDO, L.; PETTY, A. L. S.; PASSOS, N. C. **Os jogos e o lúdico na aprendizagem escolar**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

MOREIRA, M. A. **Partículas e interações**. Física na escola. São Paulo. Vol. 5, n. 2 (out. 2004), p. 10-14, 2004.

MOREIRA, M. A. **Quark physics and epistemology**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. **Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola**. Física na escola. São Paulo. Vol. 2, n. 1 (maio 2001), p. 13-18, 2001.

OSTERMANN, F; PEREIRA, A.P. **Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: Uma revisão da produção acadêmica recente**. Investigações em Ensino de Ciências – V14(3), pp. 393-420. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

PCNEM + **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

PEREIRA, R. F; FUSINATO, P. A; NEVES, M. C. D. **Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física**. Anais do VII ENPEC. p. 1-12. 2009.

PINHEIRO, L. A. **Partículas elementares e interações fundamentais no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado) - Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/49342> . Acesso em: 10 maio. 2015.

RAHAL, F. A. da S.. **Jogos didáticos no ensino de física: um exemplo na termodinâmica**. Artigo acessado no 05 de abril de 2016. Disponível em http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_jogosdidaticosnoensinode.trabalho.pdf.

SANT'ANNA, B.; et al. **Conexões com a física. Livro do Professor**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

SANTOS, A. G. Dos; FERNANDES, S. S. **Física de Partículas no Ensino Médio: propostas didáticas com abordagens diversas**. Instituto de Física, UFRJ. 2013.

TERRAZZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992. _____. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média**. São Paulo: Curso de Pós-Graduação em Educação - USP, 1994. Tese.

TIPLER, P.A.; LLEWELLYN, R.A. **Física Moderna**. Terceira edição. LTC editora. Rio de Janeiro, 2006.

TORRES, C. M.; FERRARO, N. G. SOARES, P. A. T. **Física: ciência e tecnologia. Livro do Professor**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

VASCONCELLOS, C. A. Z. **O Zoo das partículas elementares**. Física do Século XX B. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.cesarzen.com/FIS1057Lista13.pdf>. Acesso em março de 2016.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Penso Editora, 2015.

APÊNDICE A:

SEQUÊNCIA DE AULAS SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS

Aula 1: Aplicação do jogo de Cartas Quark.

Duração da aula: 3h

Local: Sala de aula da própria turma.

Recursos:

- Câmera fotográfica para filmagens e fotos.
- Cinco baralhos de jogos de Cartas-Quark.

Descrição da aula:

- Houve uma introdução ao assunto à partir do tema interações fundamentais, enunciando que havia quatro interações fundamentais. Nesse instante, foi resgatado a experiência do passeio ao Parque Play City (Localizado em Vitória, ES). Houve um diálogo sobre as experiências nos brinquedos como o que simula queda livre e o carrinho bate-bate, relacionando-os às interações fundamentais, como a interação gravitacional e a eletromagnética. Destacou-se que essas interações são observadas no nosso cotidiano, mas havia duas percebidas no mundo subatômico, como as interações forte e fraca. Foi resgatado o tema sobre o átomo de Bohr, através de perguntas aos alunos. Em seguida foi dito que esse modelo de partícula não explicavam fenômenos como a coesão do núcleo.
- Em seguida, foi pedido que os alunos se aproximassem da mesa do professor, onde foi apresentado o jogo de Cartas-Quark. Nesse momento, foram utilizadas as cartas-objetivo para explicar sobre as partículas que haviam sido descobertas, principalmente em aceleradores de partículas. Com as cartas-quark, foi explicado que os cientistas GellMann e Zweig desenvolveram uma forma de classificar de forma mais simples centenas de partículas, como algumas que estavam representadas na carta-objetivo, formulando a teoria dos quarks.



Figura 18: Cartas Quarks na mesa do professor.

Passando as cartas-quark uma a uma, foi explicado de forma dinâmica que haviam nesse jogo três tipos de quarks: o up (u), o down (d) e strange(s) e seus antiquarks. Os alunos se envolveram falando qual era a carta que estava sendo destacada sobre a mesa. Assim eles repetiam as palavras *quark d*, *quark u*, *quark s*, *antiquark u*, *antiquark d* e *antiquark s*.

- Em seguida foi pedido que um aluno encontrasse a combinação de quarks que formasse um bárion e um méson. Como exemplo, tomou-se a carta objetivo da partícula nêutron e a partícula pión. Nesse instante, foi esclarecido que essas partículas obedeciam a regra de cores, de acordo com a teoria da cromodinâmica quântica. Assim, os bárions se combinavam de modo a formar a cor neutra, como a combinação de verde, vermelho e azul, e os mésons se combinavam em cor e anticor.
- Assim, a explicação da teoria foi finalizada explicando-se sobre os números quânticos, como o número bariônico, o spin e a carga elétrica, de acordo com os que estão destacados nas cartas-quark. Foi explicitado também o princípio de conservação desses números. Esse momento teve a duração de 1h.
- Após a explicação sobre a teoria dos quarks, foi iniciado o jogo de Cartas-Quark. Nesse momento, os alunos formaram grupo de 5 a 6 integrantes, recebendo um baralho por grupo. As regras do jogo foram explicadas com auxílio de um aluno que realizou demonstrações com as cartas à medida que as regras eram ditadas. Mesmo assim, foi necessário fazer orientações de grupo em grupo, pois alguns não haviam entendido completamente.



Figura 19: cartas-objetivo e cartas-quark.

- A primeira rodada de jogos foi de teste, pois os alunos apresentavam-se inseguros, outros desmotivados, ou não compreendendo também como se jogava. Após essa rodada, os alunos foram encorajados a disputarem entre si, para que fossem selecionados os primeiros ganhadores de cada grupo, e esses por sua vez pudessem realizar um partida final. Com isso, os alunos perguntaram qual seria o prêmio para os ganhadores dessa partida final e foi dito que ele receberiam medalha de ouro para o primeiro ganhador, medalha de prata para o segundo e medalha de bronze para o terceiro.
- A seguir estão as imagens de vários momentos das partidas do jogo. Esse momento teve duração de 2h.



Figura 20: Partidas do Jogo e Cartas-Quark.

Aula 2: Aplicação do módulo 1.

Duração da aula: 2h

Local: Sala de vídeo.

Recursos: notebook, computador, cópias do módulo 1 para os alunos.

Descrição da aula:

Foram distribuídas as cópias do módulo 1 para os alunos presentes. Em seguida foi pedido que os alunos lessem o texto “O estudo do mundo invisível”. Após a leitura foram realizadas discussões e debates. Foi enfatizado que há um campo de estudos sobre a Física relacionadas às estruturas subatômicas e à construção de tecnologias para realizarem esses estudos, tais como aceleradores de partículas.

Assim, como está indicado no texto, foi exibido o vídeo sobre o projeto Sírius, que consiste no maior projeto da história da ciências no Brasil.

Após o vídeo, foi pedido que os alunos respondessem as questões relacionadas ao texto.

Ao término dessa atividade, foi realizado debate sobre essas questões, elucidando assim dúvidas dos alunos.

Aula 3 e 4: Aplicações dos módulo 2 e 3.

Duração da aula: 2h (cada aula)

Local: Sala de vídeo.

Recursos: notebook, computador, cópias do módulo 2 e 3 para os alunos.

Essas aulas tiveram a mesma dinâmica da aula 1. Em dias subsequentes, foram aplicadas essas aulas. Assim como foi planejado para a aula 2 e 3, os alunos responderam as questões referentes aos textos dos módulos 2 e 3, “As partículas e as interações fundamentais” e “Em busca das partículas fundamentais”, respectivamente.

Após a aplicação dos módulos, os alunos realizaram uma avaliação da aprendizagem. Eles também responderam ao Questionário de Opinião sobre o jogo de Cartas Quark. Após essa atividade, foram elucidadas as questões sobre as avaliações.

Assim, encerrou-se essas sequências de aulas.

APÊNDICE B:

MÓDULOS DE ENSINO SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS

Módulo 1

Nome: _____ turma: _____

Módulo 1: O estudo do mundo invisível

Apresentação

O mundo microscópico tem sido objeto de curiosidade e estudo científico desde a antiguidade. O filósofo Demócrito, há cerca de 2400 anos, utilizou a palavra átomo para se referir as menores partículas de matéria.

No século XIX muitas pesquisas foram desenvolvidas para compreender fenômenos físicos e químicos das substâncias. Ao estudar a absorção de gases por alguns líquidos, o químico Dalton (1808) elaborou o modelo do átomo, o qual era considerado a menor parte da matéria, sendo denominado uma partícula elementar.

No final do Século XIX, Thompson descobriu o elétron (1897) e nos anos que se seguiram outras partes do modelo atômico foram descobertas, como o núcleo por Rutherford e Bohr (1913) e o nêutron por Chadwick (1932). Assim, verificou-se que o átomo não uma partícula elementar, sendo formado por partes ainda menores como prótons, nêutrons e elétrons.

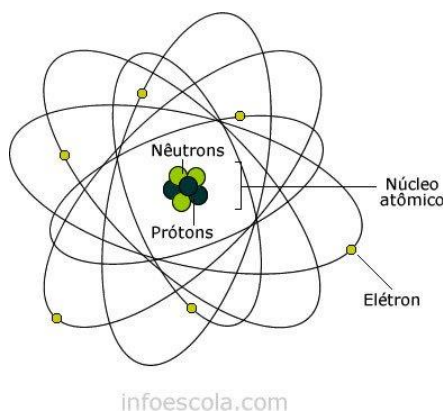


Figura 21: Modelo atômico de Bohr. Fonte: <http://brainly.com.br/tarefa/1860687>

Nos anos seguintes, muitas outras partículas foram descobertas ou previstas matematicamente como o pósitron, o múon e o pión. Uma das técnicas para detecção de partículas invisíveis ao olho nú é a observação do rastro que elas deixam em meios a substâncias. Rutherford utilizou como técnica de detecção a luminescência causada pelas partículas α (alfa) no Fluoreto de Zinco (ZnS) descobrindo assim o núcleo do átomo. Essa experiência está ilustrada na figura 2:

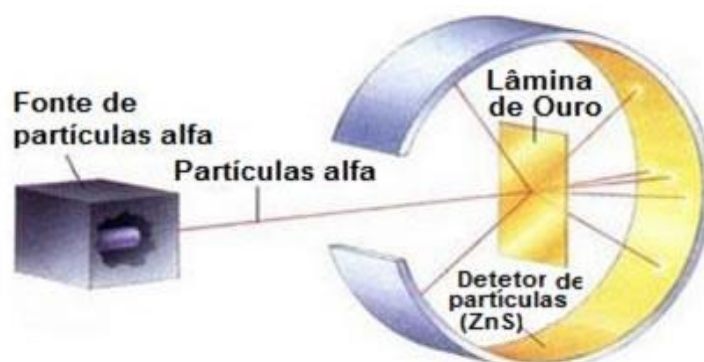


Figura 22:Experiencia de Rutherford.
 Fonte:<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/experimento-rutherford.html>

Os aceleradores de partículas são tecnologias que utilizam o princípio do choque entre partículas conhecidas para encontrar novas partículas. Assim foram desenvolvidos grandes laboratórios como o Large Hadron Collider (LHC), localizado no CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear) na região de Genebra na fronteira entre França e Suíça. O LHC é o maior acelerador de partículas já construído, pois há outros como o Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory) localizado em Illinois, nos Estados Unidos, e o LNSL (Laboratório Nacional de Luz Síncrotron) localizado em Campinas, cidade de São Paulo. Outro acelerador de partículas, também localizado em Campinas, está em fase de construção. Esse acelerador batizado de Sirius é considerado um dos maiores projetos da história da ciência no Brasil.

Assim, é notório a evolução tecnológica para o desenvolvimento dessa área da Física. A WWW (World Wide Web), por exemplo, foi criada para permitir que os físicos pudessem trocar informações, notícias e documentos no CERN, e hoje é utilizada no mundo inteiro.

Mas afinal, como estudar tantas partículas? Como classificá-las? Quais são as atuais partículas elementares? Cenas dos próximos capítulos...

Vamos agora ver o vídeo do projeto Sirius no link:
<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/02/novo-acelerador-de-particulas-sera-cinco-vezes-maior-que-o-atual>

Responda as seguintes questões:

1. Marque de acordo com a escala abaixo, o seu interesse em conhecer o mundo microscópico. Explique a sua escolha.

muito interessado(a)

interessado(a)

pouco interessado(a)

sem interesse

Porque: _____

2. De acordo com o texto, qual foi o primeiro modelo de partícula elementar?

3. Cite algumas técnicas para detecção de partículas.

4. Cite alguns laboratórios de Pesquisa em Física de Partículas.

5. Na sua opinião, por que o Brasil está investindo no acelerador de partículas batizado Sirius, localizado em Campinas?

Até logo!!!

Módulo 2

Nome: _____ turma: _____

Módulo 2: As partículas e as interações fundamentais

Vimos que as tecnologias, como os grandes aceleradores de partículas permitiram que fossem encontradas centenas de partículas, além daquelas que compõem o átomo como os prótons, os elétrons e os nêutrons.

As partículas então denominadas, como prótons (**p**), elétrons (**e**) e nêutrons (**n**) tinham suas propriedades conhecidas, como a massa, a carga elétrica e spin. No entanto, com a descoberta de novas partículas, revelou-se outras propriedades tais como estranheza, charme e cor. Assim, surgiram várias formas de classificar essas partículas e definir quais são as partículas elementares, ou seja, as menores partículas do universo, conhecidas atualmente.

As antipartículas

Partículas eram previstas matematicamente e encontradas experimentalmente. Esses dois processos não ocorriam exatamente nessa ordem, pois vários cientistas trabalhavam ao mesmo tempo, tanto teoricamente quanto experimentalmente. Por exemplo, o pósitron (**e⁺**) foi primeiramente previsto por Dirac, e posteriormente descoberto por Carl Anderson (1932). Esta partícula tem a mesma massa e o mesmo spin do elétron, no entanto, sua carga é positiva. Assim, através de previsões e descobertas experimentais, verificou-se que todas as partículas têm as suas antipartículas, com as mesmas massas mas com cargas elétricas de sinais contrários. Logo, o nêutron, tem como antipartícula o antinêutron, o próton tem o antipróton e todas as outras centenas de partículas que se conhece até hoje têm as suas antipartículas.

As interações fundamentais

As partículas estão sempre interagindo uma com as outras, e essas interações podem se apresentar de quatro formas: A interação forte, a interação eletromagnética, a interação fraca e a interação gravitacional. A interação gravitacional é bem conhecida, pois é a interação entre nós e a Terra. Em um parque de diversões, os

brinquedos nos permitem sentir a sensação de queda a todo instante. Assim, todos os corpos que possuem massa participam dessa interação, desde os corpos celestes como o Sol, planetas e estrelas, até as partículas.

Mas nem todas as partículas possuem massa. O fóton (γ), por exemplo não possui massa, mas promove a interação eletromagnética entre as partículas que possuem carga elétrica, como os prótons e os elétrons. A carga elétrica do elétron é -1 e a do próton é +1. Essas cargas podem provocar entre si atração se tiverem sinais contrários, ou repulsão se tiverem o mesmo sinal. Quase todas as forças que observamos no nosso cotidiano, como a força de atrito, a força entre molas e cordas são manifestações da interação eletromagnética.

No mundo microscópico, as partículas podem sofrer as interações fraca e forte. A **interação fraca** é observada no decaimento beta, que consiste na emissão de elétron pelo núcleo do átomo, quando há mudança do nêutron para o próton. Nesse processo, ocorre também a criação do neutrino (ν). Os neutrinos são uma das partículas mais abundante do universo, são produzidas em grandes quantidades no interior das estrelas, através de reações nucleares. No entanto, essas partículas interagem pouco com a matéria, sendo difícil sua detecção. Somente em 1956, em um reator nuclear de um laboratório nos EUA, que foi possível produzir essas partículas e detectá-las através de um tanque de água com cloreto de cádmio.

A **interação forte** age entre os núcleons (prótons e nêutrons), explicando porque eles se mantêm tão ligados. Por exemplo, no núcleo temos os prótons que possuem carga positiva. Sabemos que as cargas de mesmo sinal se repelem, mas devido à interação forte residual, eles permanecem unidos no núcleo do átomo. Se não existisse a força forte, a matéria não existiria. Os prótons e nêutrons não constituiriam os núcleos dos átomos, e assim, não formariam as moléculas. Enfim, nós seres humanos ou qualquer tipo de vida não poderia existir!

As partículas que sofrem a interação forte são chamadas de **hádrons** (robusto). Existem dois tipos de hádrons: os **bárions** (pesado) e os **mésons** (meio). Os bárions possuem spin fracionário, enquanto que os mésons possuem spin inteiro. Por exemplo, o próton (p) possui spin $\frac{1}{2}$ e o píon (π) possui spin 0.

As interações fundamentais se diferenciam basicamente pela intensidade da força entre as partículas. A interação gravitacional e a eletromagnética possuem longo alcance, considerado infinito (∞). A interação fraca possui alcance da ordem 10^{-18} m, enquanto que a interação forte possui alcance da ordem de 10^{-15} m.

Todas as interações possuem partículas mediadoras, as quais são denominadas **bósons**. Essas partículas “provocam umas as outras” para que elas interajam. Na figura 24, estão representadas as **interações fundamentais**, as **partículas mediadoras** (bósons), os **tipos de partículas** que participam de cada interação e o **alcance de interação** em metros (m) entre elas.

Forças na Natureza (quatro interações fundamentais)

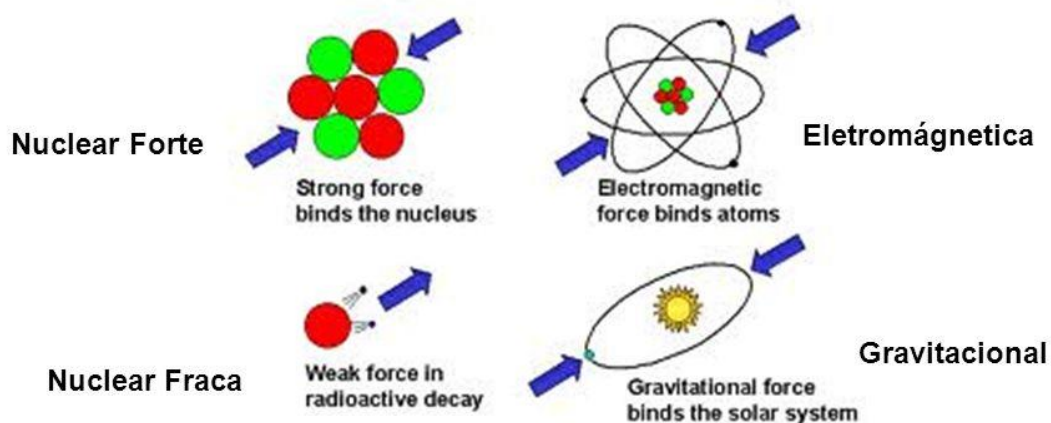


Figura 23:As interações fundamentais.<http://slideplayer.com.br/slide/49040/>

Interação	Bóson mediador	Tipo de Partícula	Alcance de interação (m)
Forte	Glúon (g)	hádrons	10^{-15}
Eletromagnética	Fóton (γ)	hádrons e léptons	∞
Fraca	W^+ , W^- e Z^0	hádrons e léptons	10^{-18}
Gravitacional	Gráviton	hádrons e léptons	∞

Figura 24: Interações e partículas.

Observe que:

- O bóson Gráviton, responsável por mediar a interação gravitacional, ainda não foi descoberto experimentalmente.
- O elétron e o neutrino são denominados léptons.

Assim, podemos verificar que as partículas possuem um papel dependendo do tipo de interação que ocorre entre elas. Sejam como mediadoras, como partículas carregadas eletricamente, com o seu tipo de spin e com a sua massa.

Mas ainda não temos definido quais são as partículas elementares, estamos no processo de conhecimento de suas propriedades. Foi nesse caminho que os cientistas Gell-Mann e G. Zweig trilharam para encontrar o modelo dos **quarks** proposto em 1964. Mas esses estudos ainda são cenas dos próximos capítulos...

Vamos ver agora o vídeo: **Symphony of Science - the Quantum World**, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=DZGINaRUEkU>.

Atividades: Questionário sobre o texto

1. Como foi possível a descoberta de novas partículas?

2. Explique o que são antipartículas e como foi o processo de suas descobertas.

3. Quais são as interações fundamentais? Explique quais são as suas principais características.

4. Cite algumas propriedades das partículas:

5. O que são hádrons, bárions e mésons?

6. O que são bósons?

7. Quais forças possuem alcance infinito?

8. Qual o alcance da força forte e da força fraca?

9. Entre as afirmações a seguir, indique as que são falsas, corrigindo cada uma delas.

i. () Os elétrons são hádrons.

ii. () Os elétrons podem ser considerados partículas fundamentais.

iii. () Os aceleradores de partículas conseguiram gerar quarks isoladamente.

10. Sobre as antipartículas:

a. Descreva como seriam os sinais das cargas presentes no núcleo e na eletrosfera de um átomo formado por antipartículas;

b. Desenhe uma representação desse “antiátomo”.

Módulo 3

Nome: _____ turma: _____

Módulo3: Em busca das partículas elementares

Os Quarks, Simplicidade e Elegância Formal (texto extraído de “O Zoo dos Quarks”- Prof. César Augusto Zen Vasconcellos)

Em meados da década de 1970, os físicos tinham uma ampla listagem de partículas elementares. Para dar alguma ordem e explicar as propriedades das inúmeras partículas descobertas, os físicos norte-americanos Murray Gell-Mann e George Zweig propuseram uma nova família de partículas subnucleares: os quarks. Inicialmente, ela conteria três membros: o up (**u**), o down (**d**) e o strange (**s**). Segundo esse novo modelo, os mésons seriam formados por um par de quarks – na verdade, um quark e um antiquark –, e os bárions (prótons e nêutrons, por exemplo) conteriam um trio de quarks. Diferentes combinações desses quarks podiam explicar todos os mésons e bárions conhecidos. E o que manteria os quarks ligados para formar mésons e bárions? Entram em cena os glúons (**g**) – o nome vem de glue, do inglês cola. Quarks permanecem ligados pela transferência mútua de glúons, os verdadeiros portadores da força forte nuclear. Diferentemente das forças gravitacional e eletromagnética, a força forte entre os quarks aumenta conforme aumenta a distância entre eles – pode-se imaginar que glúons agem como elásticos ligando os quarks. E isso tem uma implicação: quarks não são observados livres, vivendo, portanto, confinados dentro dos bárions e mésons. Mais uma peculiaridade dos quarks: eles têm cargas elétricas que são uma fração da carga do elétron ou do próton ($+2/3$ ou $-1/3$), pois só assim é possível explicar a carga elétrica dos bárions e dos mésons. Por exemplo, um próton é formado por dois quarks up ($+2/3$) e um down ($-1/3$). A soma total das cargas elétricas ($2/3 + 2/3 - 1/3$) é igual a 1. Por conta do confinamento e das cargas fracionárias, o modelo dos quarks foi recebido com ceticismo. No final da década de 1960, experimentos no acelerador de Stanford (Estados Unidos) – e conceitualmente similares ao experimento de Rutherford – deram fortes evidências de que prótons e nêutrons continham subestruturas. E o modelo de quarks – inicialmente encarado apenas como um artifício matemático – forneceu uma boa interpretação

desses resultados, trazendo de volta simplicidade e certa elegância ao mundo das partículas elementares. Curiosidade: GellMann tirou o nome quark de uma passagem – “Three quarks for Muster Mark” (Três quarks para o Senhor Mark) – do romance *Finnegans Wake*, do irlandês James Joyce (1882-1941).

Hádrons. Bárions e Mésons.

Partículas compostas por quarks são denominadas de hádrons. Embora os quarks individuais tenham cargas elétricas fracionárias, eles se combinam de tal maneira que os hádrons possuem cargas elétricas inteiras. Outra propriedade dos hádrons é que eles não possuem carga de cor, embora os quarks possuam carga de cor. Existem duas classes de hádrons: aqueles compostos por três quarks (**qqq**) e aqueles compostos por um par quark-anti-quark (**q \bar{q}**). Os prótons são constituídos por dois quarks up e um quark down (**uud**), e são denominados ainda de bárions. O mesmo ocorre com os nêutrons, constituídos porém por um quark up e dois quarks down (**udd**). Os mésons são constituídos por um par quark-anti-quark, como por exemplo o méson pión positivo (**π^+**), que é composto por um quark up e um antiquark down (**u \bar{d}**). As antipartículas de um méson têm seus quarks e antiquarks trocados; assim, um antipión (**π^-**) é composto por um quark down e um antiquark up. Como os mésons são constituídos por uma partícula e uma antipartícula, eles são altamente instáveis. O méson kaon (**K^-**), por exemplo, tem um tempo de vida maior do que a maioria dos mésons e é por isso denominado 'estranho' e este aspecto deu origem ao nome do quark estranho, que é um de seus componentes internos. Um outro aspecto estranho associado aos hádrons é que somente uma pequeníssima parte da massa de um hádron é devida aos quarks nele contidos.

Uma propriedade adicional dos quarks: cor.

Partículas com spin fracionário ($1/2, 3/2, 5/2 \dots$) obedecem ao chamado Princípio de Exclusão de Pauli. Este princípio proíbe que duas partículas iguais ocupem o mesmo estado quântico. Um exemplo familiar da aplicação deste princípio é o átomo: dois elétrons não podem ocupar o mesmo estado de energia e spin.

Isto acaba por gerar o padrão periódico dos elementos químicos (a tabela periódica). Os quarks têm spin $1/2$ e, portanto, o princípio de exclusão aplica-se a eles também: dois ou mais quarks não podem ocupar o mesmo estado se possuem sabores idênticos. Com isso, por exemplo, o bárion Ω , formado por três quarks s , não poderia existir. No entanto, havia forte evidência de sua existência.

Ver o vídeo: Distribuição eletrônica com base no spin. Link: <https://www.youtube.com/watch?v=LxGQs8A49wg>

Para resolver este problema, o físico Greenberg sugeriu que os quarks possuem uma propriedade nova chamada "cor", que é apenas um novo nome que, assim como "sabor", nada tem a ver com seu significado cotidiano. A "cor" é similar à carga elétrica, exceto pelo fato de que pode ocorrer em três variedades: vermelho, verde e azul (estas cargas-cor são chamadas coletivamente de cargas coloridas). Quarks carregam cargas coloridas positivas, enquanto que antiquarks carregam as correspondentes cargas coloridas negativas. Assim, no bárion Ω , os três quarks s aparecem em três cores diferentes.

Cor e força forte

Os quarks e os hádrons (que contêm quarks) experimentam a força forte, enquanto que os elétrons e os neutrinos não. À medida que foi proposta a carga-cor para os quarks, uma propriedade não apresentada por neutrinos e elétrons, surgiu a idéia de que a cor pode ser a fonte da força que atua entre os quarks. Se tal suposição está correta, então pode-se explicar porque elétrons e neutrinos não interagem via força forte. A analogia das cores com as cargas elétricas levou a uma conclusão imediata: cores iguais se repelem; cores opostas se atraem. Assim, dois quarks vermelhos se repelem, enquanto que um quark vermelho e um antiquark "antivermelho" se atraem. Similarmente, azul atrai anti-azul e verde atrai antiverde. Isto pode explicar a existência dos mésons: assim como cargas elétricas positivas e negativas se unem para formar um átomo neutro, cores positivas e negativas, carregadas por quarks e antiquarks, atraem-se para formar hádrons sem cor, como os mésons $q\bar{q}$.

Quanto à cor, dois quarks vermelhos têm mesma cor e, portanto, se repelem. Mas, o que dizer sobre um quark vermelho e um quark azul? Foi proposto que estas duas cores diferentes podem atrair-se com uma intensidade menor que a atração entre cores opostas de um quark e um antiquark. Assim, um quark vermelho e um quark azul podem atrair-se, mas a atração é maximizada ao agruparem-se com um quark verde. Vermelho e verde, vermelho e azul, azul e verde atraem-se todos uns aos outros e assim o faz o aglomerado de três quarks que constitui os bárions. Os bárions formados dessa maneira necessariamente contêm três quarks de cores diferentes.

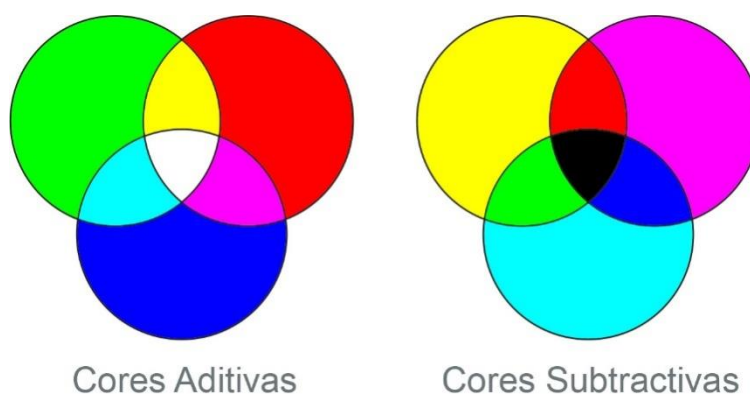


Figura 25: Cores aditivas e cores substractivas:
 Fonte: <http://ncolour.blogspot.com.br/2010/10/sistemas-de-cor-aditivo-e-subtractivo.html>

A interação forte, cuja fonte é a cor, mostra que os aglomerados - quark e antiquark de cores opostas ou três quarks de cores diferentes - são as duas possibilidades que permitem a formação dos hádrons "sem cor". Sistemas livres só aparecem de forma "descolorida". Na natureza, a cor parece estar confinada em aglomerados (os mésons e os bárions) com cor resultante total nula, ou seja, considerados como um todo tais aglomerados não têm cor, são os chamados "sistemas brancos".

Assim, é possível observar a combinação de bárions e mésons de acordo com a seguinte combinação de cores: **Bárions:** vermelho, verde e azul
Mésons: vermelho e ciano; verde e magenta; azul e amarelo.

Questões sobre o texto:

- 1) Por que os Físicos Murray Gell-Mann e George Zweig propuseram os quarks?

- 2) Explique como os quarks se combinam para formar os mésons e os bárions?

- 3) Qual partícula, de acordo com a interação forte, mantém os quarks ligados?

- 4) Por que os quarks não são observados livres?

- 5) Qual é a relação entre a carga do elétron, a do próton e a dos quarks?

- 6) O que significa o Princípio de Exclusão de Pauli? Por que o bárion Ω formado pela sequência sss não poderia existir de acordo com esse princípio?

- 7) Explique a propriedade dos quarks denominada carga cor.

- 8) Combine as cores dos quarks e antiquarks, no quadro a seguir, para formar as seguintes partículas:

Partícula	Quark/antiquark	Combinação de cor
próton (p)	uud	
nêutron (n)	udd	
Λ^0	uds	
Δ^{+++}	uuu	
Σ^+	uus	
K^+	$u\bar{s}$	
K^0	$s\bar{d}$	
K^-	$s\bar{u}$	
π^+	$u\bar{d}$	
π^-	$d\bar{u}$	

- 9) Qual é a analogia entre a carga elétrica e a carga de cor?

- 10) Qual é a proposta das cores entre os quarks e antiquarks?

- 11) O que significa “sistemas brancos”?

12) A tabela a seguir apresenta os quarks e antiquarks de acordo com as seguintes propriedades: Spin (\hbar), carga elétrica (e) e número bariônico:

Quark (Sabor)	Spin	Carga elétrica	Número bariônico
u (up)	1/2	+2/3	+1/3
d (down)	1/2	-1/3	+1/3
s (strange)	1/2	-1/3	+1/3
\bar{u} (anti up)	1/2	-2/3	-1/3
\bar{d} (anti down)	1/2	+1/3	-1/3
\bar{s} (anti strange)	1/2	+1/3	-1/3

Com base nessa tabela, complete o quadro abaixo com os valores do spin, da carga elétrica e do número bariônico das partículas:

Partículas	Combinação de quarks	spin	Carga elétrica (e)	Número bariônico	Hádron (bárion ou méson)
próton (p)	uud				
nêutron (n)	udd				
Λ^0	uds				
Δ^{+++}	uuu				
Σ^+	uus				
Σ^-	dds				
Ξ^0	uss				
Ξ^-	dss				
Ω^0	sss				
K^+	$u\bar{s}$				
K^0	$s\bar{d}$				
K^-	$s\bar{u}$				
π^+	$u\bar{d}$				
π^-	$d\bar{u}$				

APÊNDICE C:

AVALIAÇÃO SOBRE A TEORIA DOS QUARKS

Avaliação sobre A Teoria dos Quarks

Nome: _____ Turma: _____

1. Mediante a centenas de partículas descobertas até a década de 70, os cientistas Murray Gell-Mann e George Zweig propuseram um modelo de partícula elementar denominada quark. Qual é a proposta desse modelo?
 - a) Compreender os fenômenos subatômicos.
 - b) Propor uma ordem e explicar as propriedades das inúmeras partículas descobertas.
 - c) Propor um modelo que explicasse porque os nêutrons e prótons estão confinados no núcleo do átomo.
 - d) Propor um modelo de partícula de acordo com o Livro “Three quarks for Muster Mark” do irlandês James Joyce.
 - e) Compreender os fenômenos relacionados aos elétrons.

2. Os bárions e os mésons são partículas classificadas de acordo com as propriedades tais como o spin, o número bariônico e a carga elétrica. Essas partículas também podem ser classificadas de acordo com os quarks que as compõem. Assim, represente com a letra **M** a partícula méson e com a letra **B** a partícula bárion.

Partícula	Combinação de quarks	Classificação (M ou B)
Λ^0	uds	
K^0	$s\bar{d}$	
Σ^+	uus	
K^+	$u\bar{s}$	
Δ^{+++}	uuu	

3. O Princípio de Exclusão de Pauli diz que partículas de spin do tipo 1/2, 3/2 não podem ocupar o mesmo nível de energia. Sendo assim, o próton formado pela combinação de quarks **uud** não poderia existir. Para solucionar essa questão foi proposto que esses quarks se combinariam de modo que a cor resultante entre eles fosse branca, são os chamados “sistemas brancos”. Já as partículas, como o $\pi^+(\mathbf{u\bar{d}})$, se combinam em cor e anticor (cores opostas). Baseando nas cores aditivas (vermelho, verde e azul) e nas cores subtrativas (amarelo, magenta e ciano), indique possíveis combinações de cores das seguintes partículas:

- a) próton (uud): _____
- b) nêutron (udd): _____
- c) $\pi^+(u\bar{d})$: _____
- d) $\Sigma^+(uus)$: _____
- e) $K^+(u\bar{s})$: _____

4. A figura abaixo representa (fora de escala e em cores fantasia) a constituição de um nêutron. Represente, com auxílio de setas, os quarks e os glúons na figura abaixo:

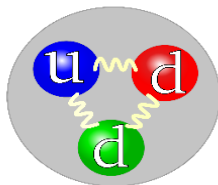


Figura 26: Nêutron.

<http://www.infoescola.com/fisica/quarks/>

5. Há quatro interações fundamentais na natureza: forte, fraca, eletromagnética e gravitacional. Qual dessas interações explica porque os prótons estão ligados no núcleo do átomo? Explique como isso ocorre:

6. O modelo atômico de Bohr, pode ser representado por quarks e elétrons, que são atuais partículas elementares. Sabendo que a carga elétrica do quark **u** é $+2/3$, do quark **d** é $-1/3$ e do elétron é -1 , faça o que se pede:

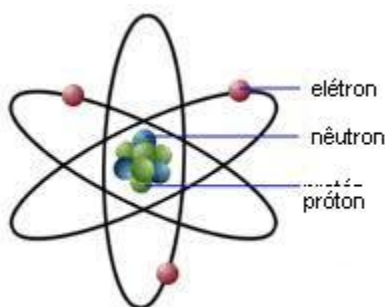


Figura 27: Modelo atômico.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%81tomo.jpg?uselang=pt-br>

- a) represente a combinação de quarks que formam o próton e o nêutron:

Próton	Nêutron

- b) Calcule a carga elétrica do próton e a carga elétrica do nêutron:




Próton	Nêutron

APÊNDICE D:
QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO SOBRE O
JOGO DE CARTAS QUARKS







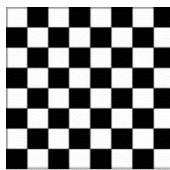
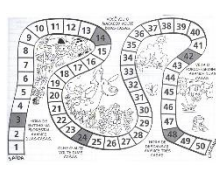


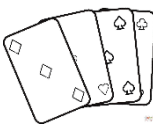


















Questionário de opinião sobre o jogo de Cartas-Quark

Prezado aluno,

Este questionário é um instrumento de avaliação da elaboração e utilização do jogo de CARTAS QUARK. Por favor, se puder contribuir com este trabalho, responda às questões a seguir de acordo com a seguinte legenda:

		
Não	Não sei	Sim

Questões

1. Estou disposto(a) a responder a todas as questões:				
2. No seu dia-a-dia você gosta de utilizar jogos?				
3. Caso sua resposta anterior seja sim, informe qual tipo de jogo você mais utiliza. *Pode marcar mais de um	 			
4. Você gosta de jogos de cartas?				
5. Você já tinha algum conhecimento sobre partículas elementares antes de conhecer o jogo de CARTAS QUARK?				
6. Depois de conhecer o jogo de CARTAS QUARK você aprendeu ou aprendeu mais do que já sabia sobre partículas elementares?				
6. O jogo de cartas de CARTAS QUARK despertou seu o interesse por jogos?				
7. O jogo de CARTAS QUARK despertou seu o interesse por partículas elementares?				
8. Quais conceitos você pôde compreender depois de utilizar o jogo CARTAS QUARK? Assinale as opções ao lado.		<i>carga elétrica</i> ()	<i>nº bariônico</i> ()	<i>Spin</i> ()
9. O jogo de CARTAS-QUARK permitiu que você compreendesse porque os quarks podem se combinar em cores?				

APÊNDICE E:

O JOGO DE CARTAS QUARK

<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>u</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +2/3$</p>	<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>u</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +2/3$</p>	<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>u</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +2/3$</p>
<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>s</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>	<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>s</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>	<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>s</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>
<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>d</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>	<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>d</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>	<p>Número Bariônico +1/3</p> <p>d</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>

<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{u}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -2/3$</p>	<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{u}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -2/3$</p>	<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{u}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -2/3$</p>
<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{s}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>	<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{s}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>	<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{s}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>
<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{d}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>	<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{d}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>	<p>Número Bariônico $-1/3$</p> <p>\bar{d}</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>

<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>u</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +2/3$</p>	<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>u</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +2/3$</p>	<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>u</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = +2/3$</p>
<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>s</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>	<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>s</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>	<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>s</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>
<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>d</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>	<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>d</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>	<p>Número Bariónico +1/3</p>  <p>d</p> <p>$\hbar = 1/2$ $e = -1/3$</p>

<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = -2/3$</p>	<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = -2/3$</p>	<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = -2/3$</p>
<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>	<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>	<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>
<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>	<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>	<p>Número Bariónico $-1/3$</p>  <p>$\hbar = 1/2$ $e = +1/3$</p>

<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula k^-</p> <p>$s\bar{u}$</p> <p>Carga elétrica: -1 nº bariônico: 0 Spin (\hbar): 0 ou 1</p>	<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Λ^-</p> <p>ddd</p> <p>Carga elétrica: -1 nº bariônico: 1 Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2</p>	<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Λ^+</p> <p>$u\bar{d}$</p> <p>Carga elétrica: +1 nº bariônico: 0 Spin (\hbar): 0 ou 1</p>
<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Λ^0</p> <p>uds</p> <p>Carga elétrica: 0 nº bariônico: 1 Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2</p>	<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Ξ^-</p> <p>dss</p> <p>Carga elétrica: -1 nº bariônico: 1 Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2</p>	<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula P (próton)</p> <p>uud</p> <p>Carga elétrica: +1 nº bariônico: 1 Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2</p>
<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Δ^{+++}</p> <p>uuu</p> <p>Carga elétrica: +2 nº bariônico: 1 Spin (\hbar): 3/2</p>	<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Ξ^0</p> <p>uss</p> <p>Carga elétrica: 0 nº bariônico: 1 Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2</p>	<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Σ^-</p> <p>dds</p> <p>Carga elétrica: -1 nº bariônico: 1 Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2</p>

Objetivo

Encontre a partícula k^0 $d\bar{s}$ Carga elétrica: 0
nº bariônico: 0
Spin (\hbar): 0 ou 1

Objetivo

Encontre a partícula \bar{k}^0 $s\bar{d}$ Carga elétrica: 0
nº bariônico: 0
Spin (\hbar): 0 ou 1

Objetivo

Encontre a partícula Λ^- $d\bar{u}$ Carga elétrica: -1
nº bariônico: 0
Spin (\hbar): 0,1

Objetivo

Encontre a partícula Ω^- sss Carga elétrica: -1
nº bariônico: 1
Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2

Objetivo

Encontre a partícula η^0 $u\bar{u}$ Carga elétrica: 0
nº bariônico: 0
Spin (\hbar): 0 ou 1

Objetivo

Encontre a partícula k^+ $u\bar{s}$ Carga elétrica: +1
nº bariônico: 0
Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2

Objetivo




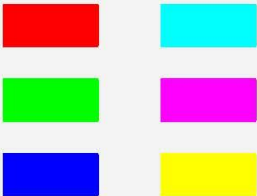
Encontre a partícula n
(Nêutron) udd Carga elétrica: 0
nº bariônico: 1
Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2

Objetivo

Encontre a partícula η^0 $d\bar{d}$ Carga elétrica: 0
nº bariônico: 0
Spin (\hbar): 0 ou 1

Objetivo

Encontre a partícula K^+ $u\bar{s}$ Carga elétrica: +1
nº bariônico: 0
Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2

<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Λ^-</p> <p>dū</p> <p>Carga elétrica: -1 n° bariônico: 0 Spin (\hbar): 0,1</p>	<p>Objetivo</p> <p>Encontre a partícula Σ^+</p> <p>uus</p> <p>Carga elétrica: +1 n° bariônico: 1 Spin (\hbar): 1/2 ou 3/2</p>
 <p>glúon</p>	 <p>glúon</p>
<p>Bárions qqq</p> 	<p>Mésons q\bar{q}</p> 

APÊNDICE F:

REGRAS DO JOGO DE CARTAS QUARK

Idade: à partir de 8 anos

Participantes: 2 a 6

Componentes:

1. Baralho com o jogo de cartas-quark.
2. Cartas-objetivo.
3. Cartas-glúon.
4. Cartas-cores bárion e méson.

A combinação de cartas:

Cartas-verdadeiras:

- Quarks **s, u, d** : são formadas pelas cores vermelha, verde e azul.
- Antiquarks \bar{s} \bar{u} \bar{d} : são formadas pelas cores amarela, magenta e cian

Cartas-falsas:

- Quarks **s, u, d** : são formadas pelas cores amarela, magenta e cian.
- Antiquarks \bar{s} \bar{u} \bar{d} : são formadas pelas cores vermelha, verde e azul.

Carta-glúon:

Essas cartas permitem que o jogador possa trocar cartas por quaisquer cartas do “lixo”, que são as cartas descartadas durante as jogadas.

Cartas objetivos:

Essas cartas representam as partículas, contendo as combinações de quarks e antiquarks, e os números quânticos (número bariônico, spin e carga elétrica). Além da combinação de quarks é fundamental que a

combinação das cores dessas partículas seja obedecido de acordo com a orientação das cartas-cores méson e bárion.

Objetivo:

O jogador que conseguir encontrar a sequência de cartas de acordo com o(s) seu(s) objetivo(s) vence o jogo.

Como jogar:

1. O jogo se inicia definindo quem começará embaralhando as cartas-quark e cartas-objetivo e distribuindo-as. O número de cartas dependerá do número de jogadores, podendo ser de três cartas até nove cartas.
2. As jogadas seguem o sentido horário.
3. Cada jogador pode comprar uma carta do “monte” na sua vez de jogar e a seguir descartar uma carta, a cada rodada.
4. As cartas descartadas, denominadas lixo, podem ser compradas, no entanto, somente a carta que está acima do monte de lixo.
5. As cartas-glúon permitem que o jogador que as possuem possam comprar qualquer carta do lixo, independente da posição delas.
6. Os jogadores devem estar atentos as cartas falsas, que são aquelas que não estão de acordo com as que foram descritas no tópico “A combinação de cartas”.
7. O jogo termina quando o primeiro jogador obtiver o(s) objetivo(s).