



**CONHECENDO AS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS ATRAVÉS DE UM
JOGO EDUCACIONAL: VIAJANDO AO INVISÍVEL**

VANESSA CRISTINA DA SILVA

Natal
Junho 2019

VANESSA CRISTINA DA SILVA

**CONHECENDO AS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS ATRAVÉS DE UM
JOGO EDUCACIONAL: VIAJANDO AO INVISÍVEL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Dr. Alexandro Pereira Lima

Natal
Junho 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Silva, Vanessa Cristina da.

Conhecendo as partículas subatômicas através de um jogo educacional: viajando ao invisível / Vanessa Cristina da Silva. - 2019.

113 f.: il.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Escola de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Rede Nacional, Natal, RN, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Pereira Lima.

1. Ensino de física - Dissertação. 2. Modelo padrão - Dissertação. 3. Jogo educacional - Dissertação. I. Lima, Alessandro Pereira. II. Título.

RN/III/BCZM

CDU 53:37

Elaborado por Ana Cristina Cavalcanti Tinôco - CRB-15/262



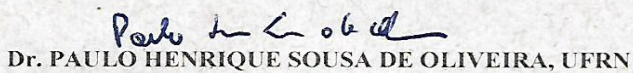
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA - REDE
NACIONAL

ATA Nº 15

Aos 30 dias do mês de julho do ano de dois mil dezenove, às 16h00min, na sala de aulas 4 da Escola de Ciências e Tecnologia/UFRN, instalou-se a banca examinadora de dissertação de mestrado do(a) aluno(a) VANESSA CRISTINA DA SILVA. A banca examinadora foi composta pelos professores Dr. FRANCISCO FRANCINÉ MAIA JÚNIOR, UFRN, examinador externo, PAULO HENRIQUE SOUSA DE OLIVEIRA, UFRN, examinador interno e ALEXSANDRO PEREIRA LIMA, UFRN, orientador e presidente. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do professor ALEXSANDRO PEREIRA LIMA, coordenador do programa, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, deu início aos trabalhos de imediato solicitando a (o) candidato (a) que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada CONHECENDO AS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS: VIAJANDO AO INVISÍVEL, marcando um tempo de 30 minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o prof. ALEXSANDRO PEREIRA LIMA, presidente, passou a palavra ao examinador externo, FRANCISCO FRANCINÉ MAIA JÚNIOR, para argüir o (a) candidato (a) e em seguida ao prof. PAULO HENRIQUE SOUSA DE OLIVEIRA, para que fizessem o mesmo; após o que fez suas considerações sobre o trabalho em julgamento; tendo sido aprovado () reprovado o (a) candidato (a), conforme as normas vigentes na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa, no prazo de 60 dias; contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora e constante na folha de correção anexa. Conforme o Artigo 46 da Resolução 197/2013 - CONSEPE, o (a) candidato (a) não terá o título se não cumprir as exigências acima.


Dr. FRANCISCO FRANCINÉ MAIA JÚNIOR, UFRN

Examinador Externo à Instituição


Dr. PAULO HENRIQUE SOUSA DE OLIVEIRA, UFRN

Examinador Interno


Dr. ALEXSANDRO PEREIRA LIMA, UFRN

Presidente


VANESSA CRISTINA DA SILVA

Mestranda

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças, paciência e persistência para superar os desafios que surgiram ao longo desta caminhada.

Ao meu companheiro da vida Adolfo Marinho Bezerra que sempre me impulsionou e me incentivou a concretizar os meus objetivos, orientando-me, motivando-me e sempre acreditando no meu potencial.

À minha pequena Ana Liz que é o motivo principal para que tudo fosse realizado.

A os meus pais: minha mãe Lucicleide Bezerra da Silva orientou-me durante toda a minha caminhada, e meu pai José Augusto da Silva pelos ensinamentos tão valiosos.

A minha família por compreender a minha ausência.

À minhas irmãs, Vivian Elen da Silva, por sempre meu porto seguro. E Viviane Kelly da Silva por ser sempre prestativa a ajudar quando mais precisei.

Ao meu orientador, professor Dr. Alexsandro Pereira Lima., que se mostrou prestativo a caminharmos juntos durante a realização deste trabalho com dedicação e paciência.

Aos professores do Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte responsáveis pelo Mestrado Nacional Profissional em ensino de Física, que proporcionaram uma aprendizagem significativa e enriquecedora, contribuindo para a minha formação acadêmica na Pós-graduação em Ensino de Física e para meu crescimento profissional.

Aos meus colegas da turma 2017.1 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física Polo 51, que contribuíram no meu amadurecimento intelectual, profissional e pessoal.

Aos meus alunos por terem mergulhado comigo nessa aventura em busca de conhecimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

*A minha pequena Ana Liz que é a
minha inspiração diária.*

Dedico

"Para ser forte, tive que beber muitos goles de tempestades. Tive que aprender a fazer muralhas (e às vezes, ser a própria); andar de salto alto entre as pedras do caminho; ter ouvidos atentos, saber escolher os momentos do silêncio; ir contra o vento... "

Autor desconhecido

RESUMO

CONHECENDO AS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS ATRAVÉS DE UM JOGO EDUCACIONAL: VIAJANDO AO INVISÍVEL

Vanessa Cristina da Silva

Orientador(es):

Dr. Alexsandro Pereira Lima

A física é uma ciência muito presente em nosso cotidiano. Mesmo assim lecionar essa disciplina não é tão trivial quanto parece. Existe diversas dificuldades encontradas pelo professor em sua prática docente, dentre estas está a capacidade de associar suas aulas a dinamicidade da sociedade atual. Pensando a cerca, essas foram as motivações para a criação de um jogo de tabuleiro- "Viajando ao invisível". Com o objetivo principal em apontar a possibilidade de aprendizagem, devido a sua utilização de maneira lúdica e dinâmica, sobre conceitos do modelo padrão das partículas. Assim foi necessário analisar e aperfeiçoar a jogabilidade em alunos do ensino médio na Escola Estadual João Tibúrcio, na turma da 3ª série A do turno matutino, da rede regular de ensino localizada no município de Goianinha no Rio grande do Norte. Para isso foi feita uma análise quantitativa e qualitativa utilizando a vivência em sala de aula quanto o banco de dados adquiridos após a aplicação e comparação do Pré e o pós teste realizado durante a aplicação do produto educacional. Verificamos que os alunos melhoraram os conceitos tanto de partículas subatômicas como de história da ciência após a aplicação do jogo de tabuleiro. Após a intervenção pedagógica cerca de 70% alunos passaram a identificar algumas das partículas elementares e a existências das forças fundamentais. Devido a isso, obtivemos muitos relatos positivos da utilização do produto educacional por meio dos alunos, e que foi um incentivo para a busca de mais informações sobre o tema em outros meios de acesso ao conhecimento. Por esse motivo espera-se que o trabalho sirva como parâmetro para aplicação do jogo em outros ambientes para que cada vez mais pessoas tenham acesso ao conteúdo de física das partículas.

Palavras-chave: Ensino de Física, modelo padrão, Jogo de tabuleiro.

Natal

Junho 2019

ABSTRACT

KNOWING THE SUBATOMIC PARTICLES: TRAVELING TO THE INVISIBLE

Vanessa Cristina da Silva

Supervisor(s):

Dr. Alexsandro Pereira Lima

Physics is a very present science in our daily lives. Even so, teaching this discipline is not as trivial as it seems. There are several difficulties encountered by the teacher in his teaching practice, among these is the ability to associate his classes with the dynamicity of the current society. Thinking about it, these were the motivations for creating a board game- "knowing the subatomic particles: Traveling to the Invisible." With the main objective to point out the possibility of learning, due to its use in a playful and dynamic way, on concepts of the standard particle model. Thus, it was necessary to analyze and improve the gameplay in high school students at the João Tibúrcio State School, in the 3rd grade A class of the morning shift, of the regular school network located in the city of Goianinha in Rio Grande do Norte. For this, a quantitative and qualitative analysis was performed using the experience in the classroom regarding the database acquired after the application and comparison of the Pre and posttest performed during the application of the educational product. We found that students improved both the concepts of subatomic particles and the history of science after the application of the board game. After the pedagogical intervention, about 70% of students began to identify some of the elementary particles and the existence of fundamental forces. Because of this, we have obtained many positive reports of the use of the educational product through the students, and that it was an incentive to search for more information on the subject in other means of access to knowledge. For this reason, it is expected that the work will serve as a parameter for the application of the game in other environments so that more and more people have access to the particle physics content.

Keywords: Physics education, Standard template, Board game

Natal

June 2019

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Resumo de Léptons.....	5
Figura 2: Resumo dos Quarks.....	6
Figura 3: Forças fundamentais.....	7
Figura 4: Interações Fundamentais.....	9
Figura 5: Alguns hádrons e suas propriedades:.....	10
Figura 6: Alguns hádrons e suas propriedades.....	10
Figura 7: Quarks e Léptons e suas respectivas antipartículas.....	12
Figura 8: Alunos participando do Pré teste.....	20
Figura 9: Alunos participando da aplicação do produto.....	21
Figura 10: Alunos participando da aplicação do produto.....	22
Figura 11: Alunos participando da aplicação do produto.....	23
Figura 12: O jogo de tabuleiro.....	24
Figura 13: Dado.....	25
Figura 14: Exemplos de cone.....	25
Figura 15: Exemplos de cartas do jogo.....	26
Figura 16: Exemplos de cartas do jogo.....	27
Figura 18: Exemplos de cartas do jogo.....	28

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Fundamentação teórica	4
2.1 Modelo padrão	4
2.1.1 Antimateria.....	11
3. Metodologia	13
3.1. Apresentação da escola.....	13
3.2 Caracterização da turma	14
3.3 Metodologia da pesquisa	14
3.4 Técnicas de ensino	15
4. O produto educacional	19
4.1 Aplicação dos questionários	19
4.2 Aplicação do produto educacional	20
4.3 Apresentação produto educacional	23
5. Análise de resultados	29
6. Considerações finais	40
Referências bibliográficas	41
Apêndice A: O Jogo de tabuleiro.....	44
Sequência didática	52
Material de apoio	59
Anexos	70

1. INTRODUÇÃO

A física é uma ciência muito presente em nosso cotidiano, em tudo ao nosso redor é capaz de enxergá-la, de um voo de um pássaro aos mais avançados produtos tecnológicos. Mesmo assim lecionar tais conceitos não é tão trivial quanto parece, diante de tantas dificuldades encontradas pelo professor em sua prática docente como por exemplo: a escola; o material didático; e por que não dizer ele mesmo; não consegue acompanhar a dinamicidade da sociedade atual. Desta forma o ensino de física fica estático sujeito apenas a fórmulas e conceitos prontos sem ligação alguma a vida do discente, fragilizando o processo de ensino e aprendizagem. Para Polidoro (2016. Pag. 37):

“A dinamicidade é sem dúvida uma das características mais marcantes do mundo atual. É “movimento” o nome da nova ordem. A bem da verdade, a realidade nunca foi estática, porém nunca foi tão dinâmica quanto agora. É perceptível, no cotidiano da vida, que a palavra “estática” está em desuso. Tudo muda muito, em pouco tempo. A escola, por sua vez, tem apresentado dificuldade em acompanhar esta dinamicidade, bem como também não vem conseguindo dialogar com as ciências por causa da rapidez da informação, do conhecimento, do saber.”

Diante desse contexto do ensino de Física temos vários conceitos e conhecimento que não estão inseridos em sala de aula, são simplesmente ignorados. Exemplo disso é o modelo padrão de partículas que é um conjunto de teorias que incorpora toda a nossa compreensão atual sobre partículas elementares e forças fundamentais. A teoria apresenta que o Universo é constituído de partículas elementares que constituem toda matéria e isso não é trabalhado no ensino médio mesmo sendo previsto nas PCNs e diretrizes curriculares.

Pesquisas na área de Ensino de Física, bem como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), apontam a necessidade da inclusão efetiva da FMC (Física Moderna Contemporânea) no currículo do Ensino Médio (EM), possibilitando à população em geral acesso a essa intrigante área do conhecimento relacionada aos principais desenvolvimentos tecnológicos da atualidade (MENEZES, 1996; MENEZES, 2000; RBEF, 2002).

Desta forma, essas foram as motivações para a criação de um jogo de tabuleiro, “CONHECENDO AS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS ATRAVÉS DE UM JOGO EDUCACIONAL: VIAJANDO AO INVISÍVEL”, com o objetivo principal analisar e aperfeiçoar a jogabilidade em alunos do ensino médio da rede regular de ensino, apontando possibilidade de aprendizagem devido a sua utilização de maneira lúdica e dinâmica. Trazendo conceitos antes nunca vistos sobre modelo padrão das partículas e mostrando ao aluno um mundo quântico no qual está inserido, e tão essencial para os avanços tecnológicos. A análise da jogabilidade do jogo didático possibilita promover o aperfeiçoamento do produto educacional observando a qualidade da interação entre os participantes e entre os participantes e os elementos do jogo e assim facilitar o seu uso futuro por alunos e professores interessados no tema, possibilitando aprendizagens em física de partículas.

Assim para entender a aplicação e resultados do jogo de tabuleiro é necessário conhecer o lugar no qual foi realizado a aplicação do produto. A Escola Estadual João Tibúrcio é localizada no município de Goianinha, 62 km de capital, no Estado do Rio Grande do Norte. É a única escola que oferta ensino médio na localidade assim atendendo cerca de 1.326 alunos tanto da zona urbana quanto da zona Rural nos turnos matutino, vespertino e noturno. Nesse contexto o produto foi aplicado na turma do 3 A do turno matutino.

Para aplicação do produto educacional foi utilizado a teoria de Vygotsky que defende que o desenvolvimento cognitivo de uma criança acontece quando existe uma interação social conduzindo-a ao que é chamado de Zona de Desenvolvimento Proximal. Assim como afirma Tezani (2006)

“Essa conclusão levou Vygotsky a pensar o conceito de zona de desenvolvimento proximal: a criança, em cada momento de seu desenvolvimento, tem um nível de desenvolvimento real e um nível de desenvolvimento potencial. O primeiro representa a capacidade que a criança tem de realizar tarefas de forma independente. O nível de desenvolvimento potencial seria sua capacidade de desempenhar tarefas com ajuda de adultos ou de amigos mais capazes. A distância entre esses dois níveis é a zona de desenvolvimento proximal.

Assim acredita que o jogo é uma excelente ferramenta para conduzir o aluno a seu nível de desenvolvimento potencial tornando-o agente principal no processo. Este trabalho apresenta uma análise quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos tanto por observação da sala como através da aplicação do

Pré e pós teste aplicados na turma afim de validar a utilização do produto educacional do ensino médio. E os resultados superaram a nossas expectativas iniciais visto que os discentes mudaram a concepção que tinham tanto da história da ciência quanto da estrutura do átomo.

Além dessa introdução, a dissertação contém mais cinco capítulos e apêndices. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, introdução dos conceitos sobre o modelo padrão e as suas interações, possibilitando o leitor o entendimento necessário sobre o tema; O capítulo 3 é apresentada a metodologia de desenvolvimento do trabalho, começando com a apresentação da escola e em seguida com a caracterização da turma e a apresentação da metodologia da pesquisa quanto da técnica de ensino escolhida para aplicação do produto; O capítulo 4 apresenta o produto educacional, materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento e confecção do produto educacional, que consistiram no desenvolvimento e confecção do jogo e a pesquisa feita para aprimorá-lo. Descreve as ferramentas para levantamento de dados e sua análise, a coleta de dados e todos aspectos práticos da pesquisa, assim como a aplicação do produto educacional; O capítulo 5 apresenta os resultados e discussões através de uma análise quantitativa dos questionários aplicados afim da validação do produto educacional; O capítulo 6 apresenta as considerações finais, que consistem em um panorama geral do trabalho realizado e seus principais resultados, apontando possibilidades e instruindo para sua utilização em escolas e possibilidades de aprimoramento e continuidade deste projeto. Nos apêndices encontram-se os elementos do produto educacional propriamente dito (tabuleiros, dados, cartas, regras e extenso material de apoio, uma sugestão de sequência didática aos professores e a documentação associada às questões éticas.

Espera-se que esse trabalho sirva para aplicação e desenvolvimento de tantas outras pessoas que tiverem interesse em aprender o modelo padrão de partículas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A curiosidade é parte intrínseca do homem e devido a isso muitos questionamentos são constantes, marcando toda a sua existência. A pelo menos 2500 anos a pergunta: “do que o mundo é feito?” Vem pairando nas cabeças pensantes em busca de entendimento. Infelizmente não existe ainda uma resposta pronta que seja capaz de satisfazer plenamente, mas muita coisa já foi descoberta. Uma delas foram as partículas fundamentais da matéria. Por isso neste capítulo abordaremos o modelo padrão de partículas. Um tópico da física essencial para o entendimento sobre o mundo e as constituintes da matéria. Desde a Grécia antiga os filósofos gregos Demócrito e Leucipo defendiam que a matéria devia ser constituída por partículas indivisíveis que nomearam de átomo (não dividido). Essa ideia permaneceu esquecida até 1804 quando John Dalton notou elementos constituído por átomos e continuo defendendo a ideia de que era parte indivisível da matéria. Mas a descoberta do elétron em 1897 por J.J. Thomson mostrou que o átomo podia ser separado por cargas carregadas. Em pouco tempo depois foi a vez do próton que identificado em 1911. A mecânica quântica começou a entender os princípios básicos da estrutura atômica. Em 1905, Einstein explicou o efeito fotoelétrico através de onda eletromagnéticas quantizadas através de pacotes de fótons com energia. os átomos podem criar ou destruir fótons. E assim começou o estudo da teoria do modelo padrão.

2.1 Modelo padrão

O modelo Padrão de partículas na verdade é uma teoria matemática que explica as forças fundamentais: forte, fraca e eletromagnética como também as partículas fundamentais que compõem toda a matéria. Como afirma Gordon Kane [1], um físico teórico da Universidade de Michigan:

o Modelo Padrão é, na história, a mais sofisticada teoria matemática sobre a natureza. Apesar da palavra “modelo” em seu nome, o Modelo Padrão é uma teoria compreensiva que identifica as partículas básicas e especifica como interagem. Tudo o que acontece em nosso mundo (exceto os efeitos da gravidade) resulta das partículas do Modelo Padrão interagindo de acordo com suas regras e equações. (p. 58).

A teoria atualmente explica que o universo é constituído de partículas elementares e suas interações. Os cientistas descobriram que as partículas

desta maneira se distinguem, interagem e são classificadas de acordo com algumas características que possuem, como massa de repouso, spin e carga elétrica. Desde 1947 centenas de partículas foram descobertas em experiências com aceleradores. A ampla maioria de partículas conhecidas são invisíveis e decaem, transformando-se espontaneamente em outras partículas. De todos os tipos, instáveis e estáveis, podendo ser criadas ou destruídas em interações entre partículas. (SEARS. PAG.: 371).

Assim são divididas em duas classes:

Férmios: são descritos por funções de onda antissimétrica, "obedecem" ao princípio da exclusão de Pauli, possuem spin semi-inteiro (1/2, 3/2, 5/2 etc).

1) **Léptons:** constitui uma família de partículas elementares: múon, tau, seus neutrinos e a mais conhecida que é o elétron. Os léptons mais pesados, o múon e o tau, não são encontrados em toda matéria. Isso porque quando são produzidos, eles decaem muito rapidamente, ou transformam-se em léptons mais leves, e às vezes o tau pode decair em quarks, antiquarks e um neutrino. Os elétrons e as três espécies de neutrinos são estáveis e, por isso, são os tipos mais encontrados ao nosso redor. É importante destacar que para cada carga existente possui uma antipartícula que possui a mesma massa mas carga elétrica diferente. Assim existe 6 Partículas, mais 6 antipartículas totalizando 12 Léptons. Eles obedecem a um princípio de conservação de energia.

Figura 1: Resumo de Léptons

Léptons spin = 1/2		
Sabor	Massa GeV/c ²	Carga elétrica
ν_L Neutrino mais leve	$(0-0.13) \times 10^{-9}$	0
e Elétron	0.000511	-1
ν_M Neutrino médio	$(0.009-0.13) \times 10^{-9}$	0
μ Múon	0.106	-1
ν_H Neutrino mais pesado	$(0.04-0.14) \times 10^{-9}$	0
τ Tau	1.777	-1

Fonte: <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/3RadioatividadeeParticulas>

2) **Quarks:** É dividido e caracterizado por spin, carga elétrica e massa. possivelmente, os constituintes fundamentais da matéria. Há seis espécies, ou sabores, de quarks: u (up), d (down), c (charme), s (strange), b (bottom) e t (top). Cada uma dessas espécies pode apresentar-se em três “edições” chamadas cores: 1 (vermelho), 2 (verde) e 3 (azul). Haveria então 18 quarks distintos. Porém, como cada um deles tem a sua antipartícula, o número total de quarks é 36 (uma antipartícula tem a mesma massa e o mesmo spin da partícula em questão, porém carga oposta.) Quarks têm carga elétrica fracionária (+2/3 para os sabores u, c e t e -1/3 para os sabores d, s e b), mas nunca foram detectados livres; aparentemente, estão sempre confinados em partículas chamadas hádrons (da palavra grega hadros, que significa massivo, robusto, forte).

Figura 2: Resumo dos Quarks

Quarks spin = 1/2		
Sabor	Massa aprox. GeV/c ²	Carga elétrica
u up	0.002	2/3
d down	0.005	-1/3
c charme	1.3	2/3
s estranho	0.1	-1/3
t top	173	2/3
b bottom	4.2	-1/3

Fonte: <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/3RadioatividadeeParticulas>

Resumindo, segundo o Modelo Padrão a grande quantidade de partículas elementares até hoje detectadas, cerca de 300, em aceleradores/colisores de partículas ou em raios cósmicos, pode ser agrupada em léptons, quarks e hádrons ou em léptons e hádrons, visto que os quarks são constituintes dos hádrons ou, ainda, em léptons, bárions e mésons, pois os hádrons podem ser divididos em bárions e mésons. (Moreira 2019).

Bósons: Um sistema formado por partículas idênticas com spin inteiro é descrito por uma função de onda simétrica que servem em grande maioria como mediadora na formação de partículas maiores.

- 1) Fótons
- 2) Bóson
- 3) Glúons
- 4) Os bósons de Higgs

Estas partículas interagem através da troca de partículas de outra classe, chamadas de partículas de interação, e transmitem momento de uma partícula a outra. Estas interações fundamentais recebem o nome de: Gravitacional; eletromagnética; nuclear fraca; nuclear forte.

São classificadas de acordo com características da partícula (fonte) que estão interagindo.

Figura 3: Forças fundamentais

Propriedade	Interação gravitacional	Interação fraca (Eletrofraca)	Interação eletromagnética	Interação forte
Atua sobre:	Massa - Energia	Sabor	Carga elétrica	Cargacor
Partículas sujeitas:	Todas	Quarks, Léptons	Eletricamente carregada	Quarks, Glúons
Partículas mediadoras:	Gráviton (ainda não observada)	$W^+ W^- Z^0$	γ	Glúons
Intensidade a $\begin{cases} 10^{-18} \text{ m} \\ 3 \times 10^{-17} \text{ m} \end{cases}$	10^{-41} 10^{-41}	0.8 10^{-4}	1 1	25 60

Fonte: <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/3RadioatividadeeParticulas>

Gravitacional : Qualquer corpos que possuem massa se atraem mutuamente essa é uma explicação simples para a força gravitacional, Já no campo da física das partículas essa força tem efeitos extremamente pequenos devido as massas na ordem de 10^{18} . Sua partícula mediadora é o graviton, que ainda não foi detectada experimentalmente mas já está prevista. Por conta disso o modelo padrão não consegue explicar satisfatoriamente essa interação tornando um grande mistério nesse campo de pesquisa.

Eletromagnética: Essa interação está relacionada com a carga elétrica que pode ser atrativa ou repulsiva assim como a gravitacional ela acontece de longo alcance. A partícula mediadora é o fóton que possui massa zero e sempre viajam à "velocidade da luz". A interação eletromagnética e a interação

gravitacional são familiares na física clássica. Ambas se caracterizam pela dependência de $1/r^2$ da distância. Nesses dois casos, as partículas mediadoras têm massa zero. (Sears pag.: 371)



Forte: A interação forte se subdivide em duas: a interação forte fundamental e a interação forte residual. A interação forte fundamental ocorre entre os quarks, que compõem, por exemplo, os prótons(u,u,d) e nêutrons(d,d,u) do núcleo. Esta interação atua em carga de cor, uma propriedade que somente os quarks apresentam. Sua partícula mediadora é caprichosamente chamada de glúons porque elas "colam os quarks para formar hádrons que atua em pequeno alcance.

Uma interação forte residual atrativa que age entre os núcleons (o nome coletivo para prótons e nêutrons). É atrativa para todas as combinações de prótons e nêutrons, ou seja, um núcleon atrai outro núcleon. A partícula mediadora é o méson e tem um curto alcance.

As outras duas forças são menos familiares. A chamada interação forte é responsável pelas forças nucleares e pela produção de píons e de diversas outras partículas em colisões com energias elevadas. A interação forte é proximamente 100 vezes mais forte do que a interação eletromagnética; contudo, ela cai mais fortemente com a distância do que com $1/r^2$. (Sears pag.: 372)

Fraca: são as responsáveis pelo decaimento de quarks e léptons pesados em quarks e léptons mais leves. Quando partículas fundamentais decaem observamos seu desaparecimento e sua substituição por duas ou mais partículas diferentes. Mesmo que o total de massa e energia seja conservado, um pouco da massa original da partícula é convertido em energia cinética, e as partículas resultantes sempre têm menos massa que a partícula original que decaiu. Suas partículas mediadoras são o W^+ , o W^- e a Z^0 . Estes mediadores são muito massivos e, ao contrário das outras partículas mediadoras (gráviton, fóton e glúon), que possuem massa de repouso nula, estes têm massa quase cem vezes maior que a massa do próton, o que implica que a interação fraca tem um raio de ação limitado, da ordem de 10^{-18} metros.

Figura 4: Interações Fundamentais

		INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS				
		Gravitacional	Fraca Unificação	Eletromagnética Eletrofraca	Forte	
					Fundamental	Residual
PROPRIEDADES	Atua em	massa ou energia	sabor	carga elétrica	carga de cor	
	Quem sofre a ação?	todas as partículas	quarks e léptons	partículas eletricamente carregadas	quarks e glúons	hádrons
	Partícula mediadora	gráviton 	$W^+ W^- Z^0$	γ fóton	glúon	méson
	Alcance (metros)	infinito	$< 10^{-18}$	infinito	$\sim 10^{-15}$	
	Intensidade relativa	$\sim 10^{-40}$	$\sim 10^{-12}$	$\sim 10^{-2}$	1 2,4	0,8

. Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/particulas.pdf>.

O problema nessa bela simetria de quatro cargas, quatro interações, quatro forças, quatro tipos de partículas mediadoras e quatro campos é que nenhum gráviton foi ainda detectado e a gravidade, em si, não encaixa bem nessa teoria que se convencionou chamar de Modelo Padrão. (Moreira 2019)

Os quarks nunca foi encontrado sozinhos sempre estão agrupados e consequencia dessa aglutinação se forma os **Hádrons**, grande maioria das chamadas partículas elementares são hádrons e estes são formados por três quarks ou três antiquarks (bárions) ou por um quark e um antiquark (mésons). Em princípio, a teoria dos quarks, a Cromodinâmica Quântica, não proibe a existência de partículas com estrutura mais complexa mas isso ainda esta sendo investigado e precisa de comprovações experimentais. O hádron, que possui interação forte, constitui uma familia mais complexo do que o lepton. Cada hádron possui uma antipartícula, geralmente designada com uma barra superior . (sears pag.: 374).

Figura 5: Alguns hádrons e suas propriedades:

Bárions qqq e antibárions $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Bárions são hádrons fermiônicos					
Estes são alguns dos muitos bárions existentes:					
Símbolo	Nome	Conteúdo de Quarks	Carga Elétrica	Massa GeV/c^2	Spin
p	próton	uud	1	0,938	$\frac{1}{2}$
\bar{p}	antipróton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0,938	$\frac{1}{2}$
n	nêutron	udd	0	0,940	$\frac{1}{2}$
Λ	lambda	uds	0	1,116	$\frac{1}{2}$
Ω^-	ômega	sss	-1	1,672	$\frac{3}{2}$

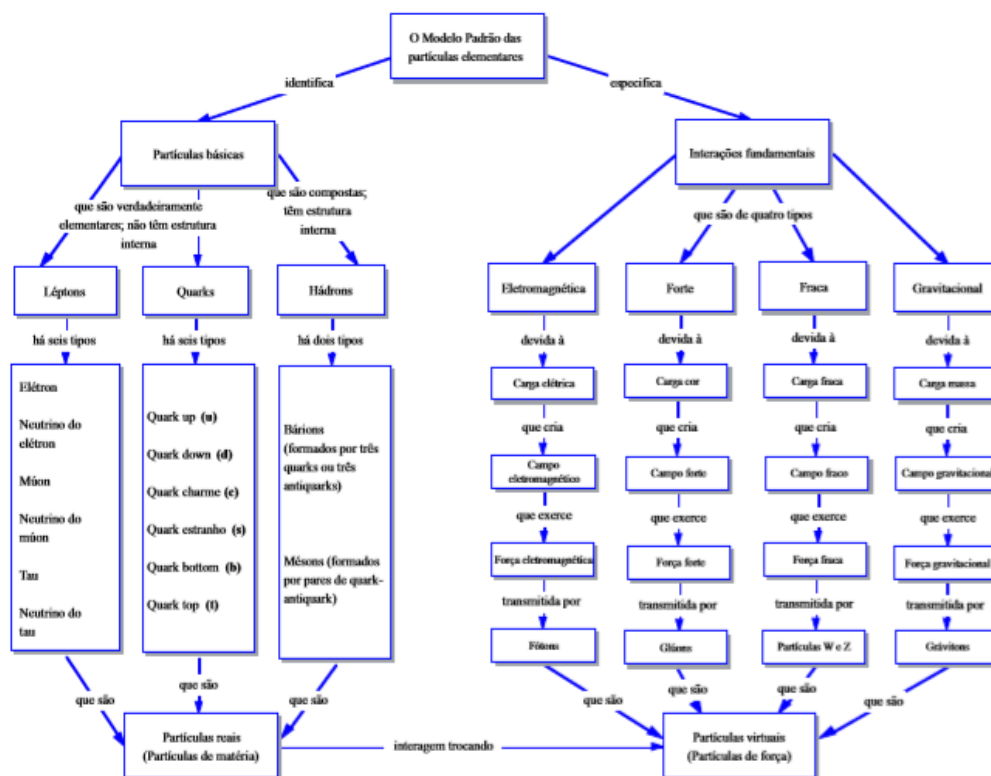
Fonte: <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/3RadioatividadeeParticulas>

Figura 6: Alguns hádrons e suas propriedades:

Mésons $q\bar{q}$					
Mésons são hádrons bosônicos					
Estes são alguns dos muitos mésons existentes:					
Símbolo	Nome	Conteúdo de Quarks	Carga Elétrica	Massa GeV/c^2	Spin
π^+	píon	$u\bar{d}$	+1	0,140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0,494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0,776	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5,279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2,980	0

Fonte: <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/3RadioatividadeeParticulas>

Um Mapa conceitual sobre a teoria do modelo padrão.



Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, 1306 (2009)

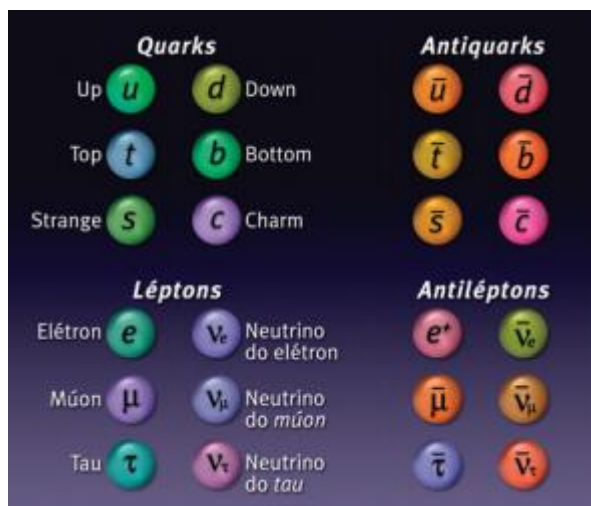
2.1.1 A antimatéria

Em 1949, o físico norte americano Richard Feynman mostrou que um pósitron pode ser descrito matematicamente como um elétron que se desloca no sentido inverso do tempo. A sua reformulação da teoria de Dirac eliminou dificuldades de cálculos envolvendo o mar infinito de estados de energia e colocou os elétrons e pósitrons no mesmo plano(...) as experiências e as teorias atuais afirmam que a massa do pósitron é igual a massa do elétron e que suas cargas possuem o mesmo módulo, porém sinais contrários. O momento angular de spin e o momento magnético são paralelos. (SEARS PAG.: 364)

Para cada partícula existe uma antipartícula porém com carga elétrica oposta. Assim, a antimatéria é constituída de antiprótons, antinêutrons, antielétrons -chamados pósitrons-, antiléptons, antiquarks. Partículas com cargas neutras como os fótons são iguais as suas antipartículas. Antigamente parecia que a matéria era constituída de prótons, nêutrons e elétrons, e a interação eletromagnética explicava por que os elétrons ficavam ligados aos

núcleos nos átomos, através da explicação que cargas opostas se atraem. Mas para explicar a estabilidade do núcleo foi preciso postular uma nova interação fundamental, a interação forte, e para uma descrição do elétron para satisfazer a teoria quântica e à teoria da relatividade foi necessário prever a existência de antipartículas. Isso foi feito por Paul Dirac em 1933 seis meses depois Carl Anderson detectou em raios cósmicos a antipartícula do elétron (pósitron), Antiprótons e antinêutrons foram descobertos nos anos cinquenta. Desde 1955, os físicos de partículas veem criando feixes de antiprótons e desde 1995 conseguem criar antiátomos.

Figura 7: Quarks e Léptons e suas respectivas antipartículas



Fonte: Revista Ciência hoje 2010 (pag.48)

Hoje no universo uma assimetria matéria/antimatéria: há mais matéria do que antimatéria, mas é o razão para a existência do mundo em que vivemos: matéria e antimatéria quando em contato se aniquilam mutuamente e convertem sua massa total em uma quantidade equivalente de energia, ou seja, elétrons e pósitron se aniquilam produzindo um raio gama com a energia equivalente à soma de suas massas. Acredita-se quem antes do Big Bang existia simetria entre as cargas. Esta situação ainda está sendo estudada pela física de partículas e observada por experimentos. O processo de produção de antipartículas é o contrário da aniquilação. Parte da energia produzida em colisões provocadas nos aceleradores de partículas é convertida, por exemplo, em pares de prótons e antiprótons.

3. METODOLOGIA

Para ajudar no entendimento da aplicação do produto educacional é necessário conhecer a realidade no qual os alunos estão inseridos. Por esse motivo aqui será feita a apresentação da Escola Estadual João Tibúrcio assim como a caracterização da turma. Também será apresentado a metodologia da pesquisa realizado após a aplicação dos pós e Pré teste a fim de validar o uso do produto educacional assim como a técnica de ensino para aplicação do produto educacional.

3.1 Apresentação da escola

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE no seu último censo de 2010, o estado do Rio Grande do Norte tem área de 52.809,602 km² e população de 3.168.027 pessoas composto por 167 municípios. Sua capital é Natal com uma população de 803.739 pessoas. O município de Goianinha fica aproximadamente de 61 km da capital e possui uma população estimada de 22.481 pessoas com área territorial de 192 km². Sua educação básica é formada por escolas privadas e públicas, estaduais e municipais. Goianinha apresenta 2 escolas que oferecem o Ensino médio, sendo 1 Estadual e 1 privada.

Das instituições de ensino médio, destaca- se como objeto deste estudo a Escola Estadual João Tibúrcio, localizada na Rua João Tibúrcio, bairro Estação na zona urbana da cidade de Goianinha. Atendendo cerca de 1326 alunos, segundo o censo escolar de 2018, tanto da zona urbana quanto da zona rural do município nos turnos matutino, vespertino e noturno. O estabelecimento de ensino foi escolhido para fazer parte da pesquisa pois a mestrandia já leciona nessa instituição e por apresentar muitos alunos com realidades tão diversas.

Vale ressaltar que a escola busca desenvolver atividades lúdicas e trabalhos artísticos e ambientais visando proporcionar aos adolescentes a formação de um pensamento crítico frente a realidade que as cerca por meio de projetos importantes com arte e movimento, e de meio ambiente, sempre envolvendo os alunos no âmbito escolar. Com essa intenção, o grupo docente

da escola procura realizar um trabalho harmonioso, envolvendo os alunos com diversos projetos, buscando sempre a colaboração e o apoio da comunidade.

3.2 Caracterizando a turma

O desenvolvimento deste estudo ocorreu na turma do 3º série do ensino médio no turno matutino. A escolha das classes aconteceu devido a disponibilidade de horários tanto dos alunos quanto da mestrandia. Na 3º série a turma possui 40 alunos com 24 meninas e 16 meninos.

O jogo foi aplicado nessa série do ensino médio acreditando-se que como os alunos já tinham estudado modelos atômicos teriam alguma base sobre o conhecimento de partículas fundamentais da matéria.

3.3 Caracterizando a metodologia da pesquisa

A construção de um tabuleiro surgiu da necessidade de introduzir o conteúdo do modelo padrão no ensino médio de maneira lúdica. A aplicação desse produto educacional aconteceu em quatro etapas: A primeira foi a aplicação de uma atividade diagnóstica acerca do tema com perguntas sobre partículas, a segunda foi a aplicação do jogo de tabuleiro: “CONHECENDO AS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS ATRAVÉS DE UM JOGO EDUCACIONAL: VIAJANDO AO INVISÍVEL” em sala de aula para a turma da 3º ano do ensino médio, terceiro foi realizado um pós teste para a verificação e validação da aprendizagem através do jogo e por último a apresentação do conteúdo do modelo padrão de forma expositiva. A aplicação do projeto aconteceu em 10 encontros com duas aulas (cada uma tendo um tempo de 45 minutos) durante as aulas de Física.

Observa-se que o processo de ensino aprendizagem acontece a todo minuto da prática e que as atividades foram analisadas por meio de acompanhamento das aulas e da observação da aplicação do produto educacional, dos relatos orais e escritos, das respostas aos questionários pós e Pré teste. Desta forma caracterizando uma pesquisa de natureza mista de qualitativa e quantitativa. Escolhemos um sistema misto de análise por acreditar que o processo de ensino aprendizagem será de maneira contínua e é muito complexo só possuir um método de análise. Assim como defende Dal-Farra e Lopes:

(...) os estudos quantitativos e qualitativos possuem, separadamente, aplicações muito profícuas e limitações deveras conhecidas, por parte de quem os utiliza há longo tempo. Por esta razão, a construção de estudos com métodos mistos pode proporcionar pesquisas de grande relevância para a Educação como corpus organizado de conhecimento, desde que os pesquisadores saibam identificar com clareza as potencialidades e as limitações no momento de aplicar os métodos em questão (DAL-FARRA; LOPES, 2013, p.71).

Também é necessário fazer análise do processo, pois o discente é um ser em constante modificação e que muitas vezes um questionário pronto não sinaliza o que ele compreende do assunto. Pensando nisso foi observado o objeto de pesquisa durante todo o processo e ressaltado a importância de uma avaliação qualitativa defendida por Bogdan (1982 apud TRIVIÑOS, 1987, p. 128-130):

1º) A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave; 2º) A pesquisa qualitativa é descritiva; 3º) Os pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto; 4º) Os pesquisadores qualitativos tendem a analisar seus dados indutivamente; 5º) O significado é a preocupação essencial na abordagem qualitativa [...].

Servindo como base para a pesquisa aqui escolhida.

Os dados foram categorizados e analisados em consonância com essa perspectiva de pesquisa, com o enfoque na análise e aplicabilidade do produto educacional.

3.4 Técnicas de ensino

O ensino da Física em escolas está orientado por diversos documentos que servem para orientar o organizar o currículo nacional das disciplinas. Dentre eles são: Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCNEM); parâmetros Curriculares Nacionais Mais (PCN+). Esses documentos orientam todas as redes de ensino do País, seja ela pública ou privada.

Então, de acordo com os PCN s (2000), o aumento dos saberes que permitem compreender o mundo favorece o desenvolvimento da curiosidade intelectual, estimula o senso crítico e permite compreender o real, mediante a aquisição da autonomia na capacidade de discernir. Aprender a conhecer garante o aprender a aprender e constitui o passaporte para a educação permanente, na medida em que fornece as bases para continuar aprendendo ao

longo da vida. O aluno precisa conhecer e compreender o mundo qual está inserido.

A ciência estar presente em tudo no dia a dia dos discentes, temos que buscar ao máximo correlacionar os conceitos científicos com essa realidade do cotidiano. Mas infelizmente isso não acontece com tanta frequência, pois o que se observa em maioria das instituições de ensino é uma física relacionada com a matemática; equações; gráficos e conceitos prontos. Isso distancia o aluno do interesse e não desperta a curiosidade em aprender, pois o seu senso investigativo tem que está presente na sala de aula.

Nesse trabalho, foi realizado na perspectiva investigativa para ensinar o modelo padrão atendendo o PCN + em uma das competências gerais afirma que, compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir. Por exemplo, como a relatividade ou as ideias quânticas povoam o imaginário. Reafirmando a necessidade de construir um ensino pensante.

No âmbito educacional há diversas vertentes pedagógicas com o objetivo de facilitar a transmissão de conhecimento e com a finalidade de construir um processo de ensino aprendizagem satisfatório. Neste trabalho será abordada a teoria de Vygotsky que desenvolveu uma abordagem no viés do socio interacionista, pois defendia que o aluno está em um contexto social, histórico e cultura que contribui e determina o seu nível de desenvolvimento, e que a aprendizagem só acontece com relações intra e Inter pessoais. Desta maneira observa a importância no processo de ensino aprendizagem da utilização do jogo na educação e no desenvolvimento do discente.

Para ele, a história e a interação social auxiliam no desenvolvimento humano exercendo influência na formação do indivíduo que se desenvolve por meio de uma atividade social. Essas relações que acontecem por meio de instrumentos (objetos) e psicológicos (signos). Afirmando que “[...] o aprendizado não é desenvolvimento; entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer” (VYGOTSKY, 2002, p.118). Assim segundo a sua teoria a aprendizagem existe dois níveis de desenvolvimento: o nível de desenvolvimento real determina o que a criança é capaz de aprender sozinha, e o nível potencial, é a capacidade de

aprender com a ajuda de outra pessoa. Nos dois casos a interação propicia a aprendizagem e promove o desenvolvimento.

E que a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), é a distância entre o nível de desenvolvimento real, ou seja, determinado pela capacidade de resolver problemas independentes, o conhecimento nato ou determinado biologicamente, e o nível de desenvolvimento proximal, marcado pela interação de outra pessoa mais experiente em ajudar ao discente a resolver problemas. É nessa zona (ZDP) que acontecerá a aprendizagem, e o educador seria essa mediação entre a criança e o mundo. É assim que as crianças, possuindo habilidades parciais, as desenvolvem com a ajuda de parceiros mais habilitados (mediadores) até que tais habilidades passem de parciais a totais. “Temos que trabalhar, portanto, com a estimativa das potencialidades da criança, potencialidades estas que, para tornarem-se desenvolvimento efetivo, exigem que o processo de aprendizagem, os mediadores e as ferramentas estejam distribuídos em um ambiente adequado” (Vasconcellos e Valsiner, 1995).

Nessa perspectiva o jogo de tabuleiro funciona como mediação para o desenvolvimento do aluno pois contribui para o desenvolvimento social, intelectual, emocional. O educando interage de uma maneira lúdica sendo mediado para ZDP através da interação com o jogo. Se tornando agente principal do seu próprio aprendizado. Além de interagir com elementos e regras que possui um significado cultural possui também a interação intra e Inter pessoal através da ajuda mútua com os colegas de sala.

A seguir, de maneira simplificada, estão elencados alguns dos diversos aspectos que motivam o uso de jogos na educação escolar (MAHONEY e ALMEIDA, 2005; TEZANI, 2006; ALVES e BIANCHIN, 2010; BARCELOS et al., 2011; COSTA, 2012; SILVA, 2012; FERREIRA e CARVALHO, 2014):

- Desenvolve o raciocínio e a capacidade de elaboração estratégias; jogos dão margem para criar hipóteses e soluções para os problemas colocados.
- Contribui para a educação escolar em seu aspecto social e de formação do cidadão: promovem o trabalho em equipe e a cooperação, estimulando a cooperação e a esportividade. Quando se mostram capazes de seguir regras, o relacionamento do educando com colegas e professores melhora.

- Estimula e contribui para aprendizagem dos conteúdos escolares. A existência de ambientes lúdicos coletivos em situações de aprendizagem escolar, como no caso de jogos, além de proporcionar motivação, permite maior facilidade em assimilar conceitos e linguagens progressivamente mais abstratos.

- Atua de forma inclusiva, permitindo que alunos que pouco interagem em aulas tradicionais participem mais neste tipo de atividade, por estar fora da rotina comum da aula, por estimular a concentração, ou ainda pela significação social da atividade.

- Desenvolve a linguagem, fazendo com que os educandos interajam com os elementos do jogo, com os colegas e professor, que se comuniquem e interpretem regras, símbolos, tabelas, imagens, relações matemáticas e outros elementos contidos em jogos.

4. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Qualquer atividade aplicada em sala de aula tem que ser planejada. por isso antes de aplicar o produto na escola organizamos uma sequência didática (apêndice B) a fim de desenvolver essa atividade. Neste capítulo vamos verificar a aplicação desse planejamento e os possíveis ajustes no decorrer do tempo.

4.1 Aplicação dos questionários

A aplicação aconteceu na Escola estadual João Tibúrcio no dia 20 de novembro de 2018 na 3ª série do ensino médio no turno matutino. No primeiro momento, exatamente as 7h20 min foi indagado aos alunos sobre temática a ser trabalhada, as perguntas foram:

- Do que é feito o universo?
- O que mantém o universo unido?

Pois considerando que o aluno não é uma tabua rasa, ele traz conhecimento do senso comum que ainda não está internalizado como conhecimento científico. Nesse momento foi bem interessante pois recebemos algumas respostas interessantes como por exemplo:

Aluno A: O universo é feito de vários átomos. (20/11/2018)

Aluno B: O universo é composto por toda a matéria. (20/11/2018)

Aluno C: O que mantém o universo unido é a gravidade. (20/11/2018)

Aluno D: O que mantém o universo unido é a força divina. (20/11/2018)

Podemos observar que existia um conhecimento prévio, ou pelo menos algumas opiniões sobre a temática trabalhada. Conforme as respostas iam sendo dadas gerava uma reação na turma que ora discordava ora concordava. Essa discussão durou cerca de 15 minutos. Quando eu interrompi e em seguida apliquei o pré-teste (Anexo c) para avaliar quantitativamente eles já conheciam sobre o modelo padrão.

Após a aplicação do Pré-teste ficou claro que os alunos não tinham conhecimento sobre as partículas fundamentais pois todos que responderam o questionário erraram. Associando prótons e nêutrons como partículas elementares. Enfatizando ainda mais a importância do jogo de tabuleiro no processo de ensino aprendizagem sobre o modelo padrão.

Figura 8: Alunos participando do Pré teste.



Fonte: A autora

4.2 Aplicação do produto

No dia 27 de novembro de 2018 as 7:00 hrs. Foi indagado aos alunos se eles gostariam de participar de uma partida de jogo de tabuleiro na aula de Física. Ficaram empolgados com a ideia de “brincar” na escola e todos aceitaram o convite. Assim aconteceu a aplicação do jogo de tabuleiro na Escola Estadual João Tibúrcio na turma da 3º série A do EM. Inicialmente a turma foi dividida em 4 grupos (equipes: A; B;C e D) , cada um possuía seu líder que era o único responsável por mover o pino no tabuleiro e responder a pergunta, nesse momento houve bastante movimentação, por causa da segregação dos grupos nos cantos da sala. Após a divisão cada equipe escolheu uma cor que representava o pino no tabuleiro sem nenhum tipo de conflito quanto a isso. A pedido da professora uma aluna leu em voz alta as regras do jogo enquanto todos os outros ouviam atentamente. Desta maneira a mestranda que estava mediando tudo apresentou o jogo educacional: “viajando ao invisível” mostrando as cartas e o tabuleiro e explicando que a temática era sobre física da partícula e sua história.

Assim, as 4 equipes lançaram os dados a fim de obter o maior número para saber que inicia o jogo. A equipe vermelha ganhou e começou a jogada,

após jogar o dado percorre as casas e observa se a pergunta é de física das partículas (casa Azul) ou de história da ciência (Casa Rosa) o líder saia para conversar com o seu grupo e tinha um tempo cronometrado de 1 minuto para responder , caso a equipe acertasse ele ganharia uma partícula elementar (carta verde) caso contrário ela pegaria uma carta do bloco da antimatéria (carta preta) onde essa carta é capaz de aniquilar uma partícula que a equipe tenha conseguido anteriormente ou possa possui posteriormente.

No primeiro momento os discentes erraram muito as perguntas pois nunca tinham visto o assunto. Isso gerou um pouco de desânimo quanto a partida, só não foi maior devido ao fato de mesmo não acertando o pino continuava a se mover no tabuleiro. Conforme o jogo foi sendo executado foi notório a evolução sobre os conceitos do tema pois quando as perguntas se referiam a alguma carta anterior eles já conseguiam fazer as associações e acertavam a pergunta. E assim foi acontecendo, quanto mais tempo que os jogadores estavam no jogo maior era o número de acerto, consequentemente maior o número de cartas verdes, aumentando o entusiasmo da turma.

Figura 9: Alunos participando da aplicação do produto.



Fonte: A autora

Ainda no tabuleiro existe a casa Buraco negro que “suga” todas as suas partículas e antipartículas e a equipe perde tudo, mas continua na mesma casa do tabuleiro. Dois grupos (D e A) chegaram nessa casa e a comemoração foi frenética dos outros grupos devido ao fato de observarem os seus oponentes perdendo todas as cartas conquistadas. Nesse momento os alunos ficaram se perguntando se acontecia isso mesmo no buraco negro no espaço, gerando uma rápida discussão sobre o tema entre eles. Mas a que gerou mais inquietação e entusiasmo a turma foi a casa batalha que a equipe que estivesse nessa parte do jogo poderia desafiar outra equipe comparando o número de partículas conquistadas com o objetivo de trocar de posição no tabuleiro para o vencedor. E foi isso que aconteceu a equipe A que estava muito longe do fim da partida batalhou com uma equipe C que estava a 2 casas da linha de chegada, após a equipe A vencer trocou de posição com a concorrente e venceu o Jogo.

Figura 10: Alunos participando da aplicação do produto.



Fonte: A autora

Os alunos mostram muito entusiasmo e curiosidade quanto ao jogo. Ficaram surpresos com a descoberta que ainda existia partículas menores dentro do próton e nêutrons e questionaram a professora se ainda estudaria a

temática de forma mais sistemática. Destacando o interesse gerado pelo jogo de educacional.

Figura 11: Alunos participando da aplicação do produto.



Fonte: A autora

4.3 Apresentação produto educacional

Os procedimentos deste trabalho consistiram no planejamento, desenvolvimento e confecção do jogo didático. Foram elaboradas e aplicadas estratégias para que, ao final, o jogo seja jogável com alunos do EM, promovendo possibilidades de aprendizagem do modelo padrão.

O produto educacional "conhecendo as partículas subatômicas através de um jogo educacional: viajando ao invisível" é um jogo de tabuleiro desenvolvido para ser utilizado na escola com a finalidade de contribuir para a aprendizagem em física de partículas, promovendo o desenvolvimento do vocabulário, a articulação de conceitos, e a percepção de aspectos sociais, políticos e econômicos da ciência.

Assim nosso produto está relacionado para o ensino do modelo padrão no ensino médio que foi realizado através do jogo educacional. Por que de acordo com Vygotsky (2002), o jogo desempenha um papel fundamental na

formação do indivíduo. O jogo não é uma atividade inata, mas sim decorrente das relações sociais, portanto carregado de significação social, e varia de acordo com o tempo e com a cultura na qual está inserido. Diante desse contexto o produto educacional no momento de aplicabilidade funciona como o mediador para a Zona de desenvolvimento Proximal (ZDP) conduzindo o discente para o entendimento da temática.

Foi concebido para ser utilizado como um jogo didático, no contexto da apresentação programada dos conteúdos, ou paradidático, como uma atividade de lazer entre amigos. Consiste em: Um tabuleiro, um dado, quatro pinos, cartas com perguntas de física das partículas, cartas com perguntas de história da ciência, cartas bônus e carta ônus, um texto de apoio e uma sugestão de sequência didática aos professores.

- **Jogo de tabuleiro:**

Figura 12: O jogo de tabuleiro.

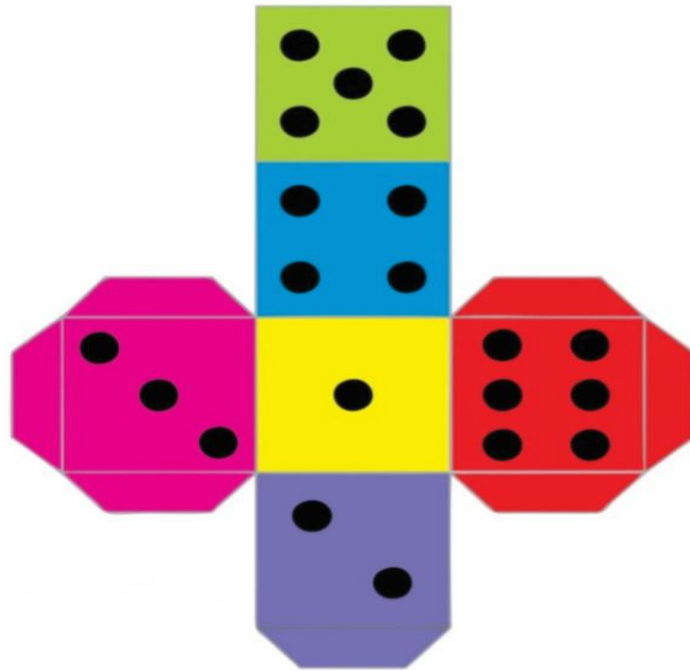


Fonte: A autora

Tabuleiro inspirado em uma viagem Inter galáxia em uma nave espacial “Space” a procura de partículas e forças elementares. A ideia foi construí-lo bem colorido e interativo para atrair o interesse dos alunos.

- **Dado utilizado:**

Figura 13: Dado



. Fonte: <https://www.artesanatopassoapassoja.com.br/molde-de-dado/>

- **Cones:**

Figura 14: Exemplos de cone

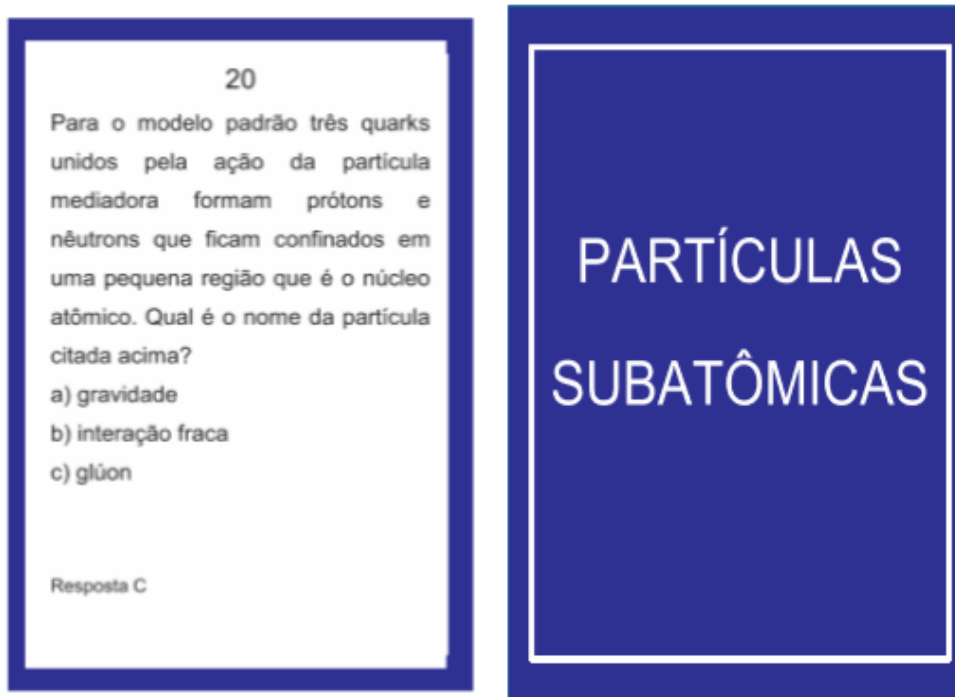


. Fonte: <https://br.depositphotos.com/113357580/>

- **Cartas- perguntas**

São no total 48 cartas perguntas com questões objetivas. Sendo que 24 com perguntas referentes a física das partículas. São de múltipla escolha numeradas de 1 a 24 impressas em papel cartão de cor azul. No jogo, os alunos utilizam estas cartas para ter acesso a pergunta se estiverem no tabuleiro em uma casa azul.

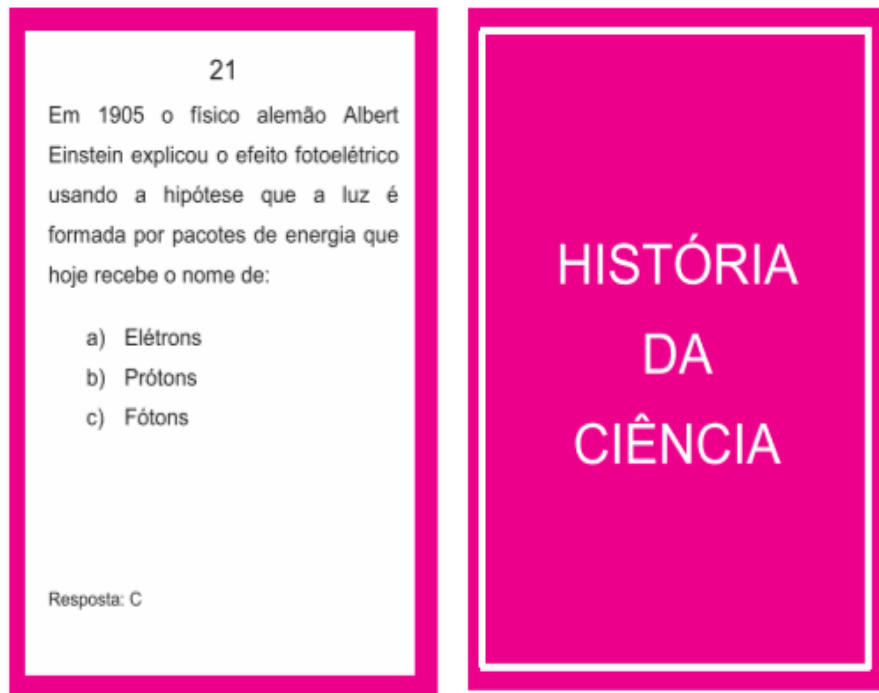
Figura 15: Exemplos de cartas do jogo



. **Fonte:** A autora

Para completar temos 24 cartas perguntas relativas à história da ciência. Todas de múltiplas escolhas impressas com papel cartão enumeradas e na cor rosa. Fazendo a analógica a casa referente no tabuleiro. É importante destacar que a resposta também se encontra no cartão assim outra pessoa ou equipe que precisa ler no momento da partida.

Figura 16: Exemplos de cartas do jogo



. Fonte: A autora

- **Carta Bônus:**

Para cada resposta correta, a equipe ganha uma carta denominada “forças e partículas”. O jogo possui 24 cartas com partículas elementares e forças fundamentais que foram impressão em cartão papel na cor verde.

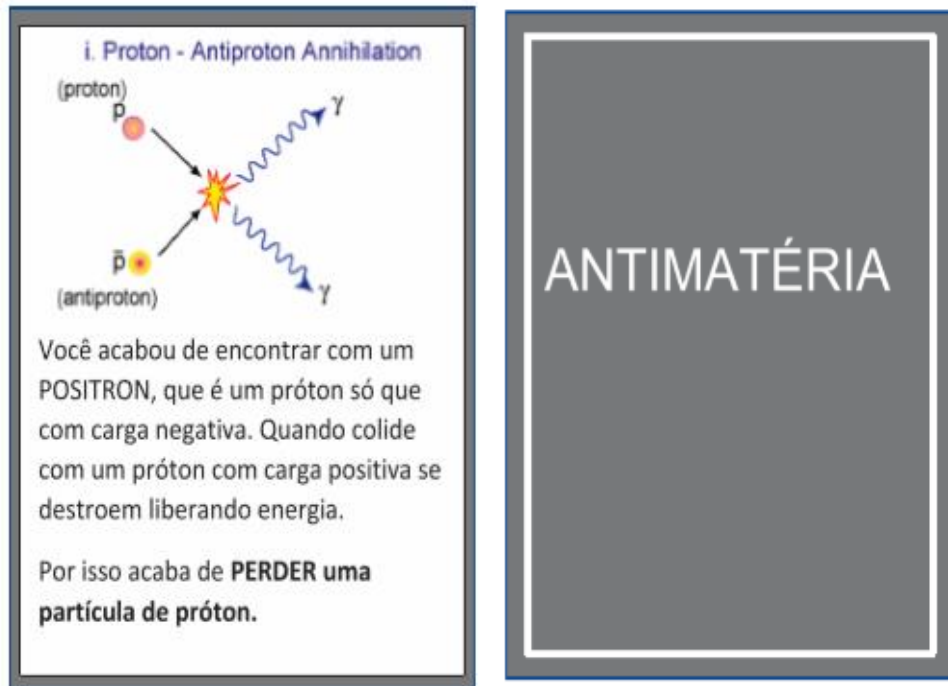


Fonte: A autora

- **Carta ônus:**

Para cada erro da equipe esta ganhará uma carta de antimatéria. Que corresponde a 24 cartas impressas em papel cartão e estão relacionadas a antipartículas. Onde o objetivo é a aniquilação de alguma partícula que a equipe já tenha ganhado ou que possa ganhar.

Figura 18: Exemplos de cartas do jogo



Fonte: A autora

- **Material de apoio**

São materiais que servem para orientar os participantes do jogo. A princípio de o apêndice que o jogo está inserido e pronto para a impressão.

Composto por:

- Introdução
- Elementos do jogo
- Regras do jogo
- Jogo de tabuleiro

Também está presente nos apêndices uma sugestão de sequência didática. Para facilitar a aplicação do produto educacional. Junto com um material de apoio com a teoria do modelo padrão.

5. Análise de resultados

Após a aplicação tanto Pré quanto pós teste, foi feita a coleta de dados tanto por meio da observação das aulas quanto da aplicação do jogo: “CONHECENDO AS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS ATRAVÉS DE UM JOGO EDUCACIONAL: VIAJANDO AO INVISÍVEL”. Analisando também os depoimentos descritos pelos alunos- que por questões de ética serão representados por A1, A2, A3..

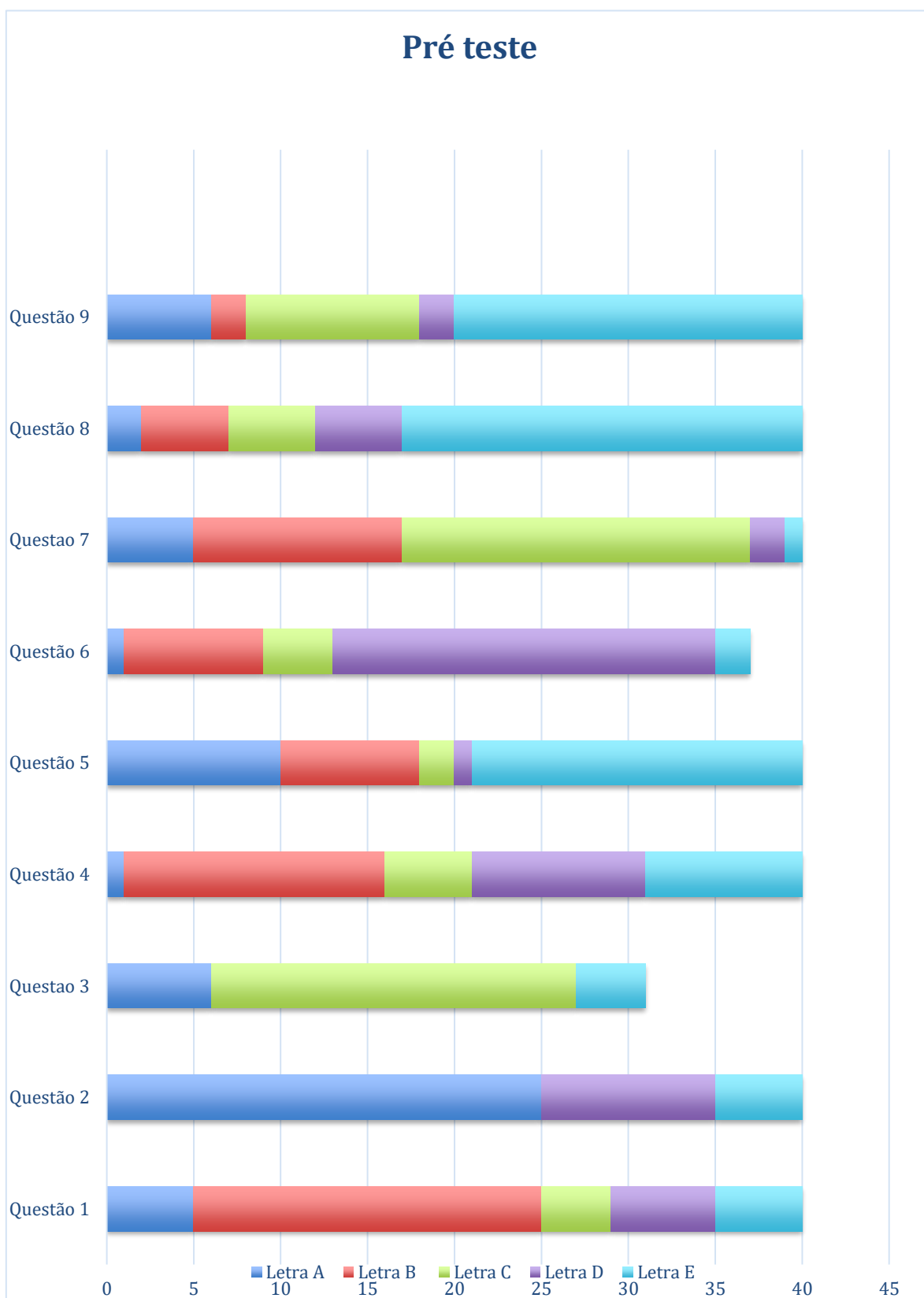
Profissionais de educação que estão comprometidos com o processo de ensino e aprendizagem sempre buscam novos métodos para que as suas aulas tenham significado na vida do aluno e o conteúdo não seja pragmático mas sim compartilhado de maneira lúdica, por isso a inserção de jogos é tão importante. Desta forma a interação social que acontece ultrapassa os objetivos iniciais da atividade proposta.

Assim também defende Tezani (2016) O jogo não é simplesmente um “passatempo” para distrair os alunos, ao contrário, corresponde a uma profunda exigência do organismo e ocupa lugar de extraordinária importância na educação escolar. Estimula o crescimento e o desenvolvimento, a coordenação muscular, as faculdades intelectuais, a iniciativa individual, favorecendo o advento e o progresso da palavra. Estimula o indivíduo a observar e conhecer as pessoas e as coisas do ambiente em que vive.

Desta maneira a aplicação do jogo superou a expectativas iniciais pois foi possível perceber o interesse e entusiasmo dos alunos. Pois o aluno assumiu o papel principal no processo de aprendizagem se tornando o agente principal e coordenando as interações interpessoais.

Fizemos uma análise quantitativa sobre o Pré teste (anexo) com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos alunos e para averiguar a eficiência do produto educacional na turma aplicada. Desta maneira obtivemos o seguinte gráfico para a turma da 3° A (40 alunos) do turno vespertino da Escola Estadual João Tibúrcio.

Gráfico 1: Questionário aplicado antes da aplicação do jogo de tabuleiro



Questionário: Pré teste

1- Como você define um átomo?

- a) A menor parte da matéria que constitui um ser vivo
- b) Uma partícula indivisível formada por prótons, elétrons e nêutrons.
- c) a menor parte da matéria.
- d) Uma partícula básica da matéria.**
- e) não sei o que é o átomo

2- Um átomo é composto por:

- a) Apenas por Prótons, elétrons e nêutrons
- b) Léptons e quarks.**
- c) Partícula alfa e beta.
- d) Partículas positivas no núcleo e negativas na eletrosfera.
- e) uma bola maciça e indivisível.

3- Dê o melhor conceito para os prótons

- a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica positiva.
- d) Partículas constituídas por quarks.**
- e) Partículas elementares porque ficam no núcleo.

4- O que são elétrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis**
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica negativa.
- c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d) São partículas elementares pois sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Partículas elementares porque ficam na eletrosfera.

5- Qual a melhor definição para nêutrons?

- a) São partículas elementares porque são indivisíveis
- b) Partículas elementares pois sua carga elétrica é zero.

c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma do próton.

d) São partículas compostas por quarks.

e) Partículas elementares porque ficam no núcleo.

6- O modelo atômico aceito atualmente é:

a) Quântico.

b) Thomson

c) Rutherford.

d) Bohr

e) Dalton

7- Defina partícula elementar.

a) Um átomo.

b) Um conjunto de prótons.

c) A menor porção da matéria conhecida.

d) Um conjunto de elétrons.

e) um conjunto de nêutrons.

8- Como se constitui um modelo atômico?

a) Pela imaginação de cientistas.

b) Por meio de observações da natureza.

c) Por meio de observações experimentais.

d) Associando fenômenos experimentais e teorias que se ajustam.

e) Teorias criadas por cientistas e que não podem ser ajustadas.

9- O que são antipartículas?

a) Partículas responsáveis pelas interações fundamentais da natureza.

b) Partículas com todas as características contrárias à de sua correspondente na matéria.

c) Partículas iguais as suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta.

d) Partículas responsáveis por interações entre dois corpos.

e) Não existe

10-Você acredita na existência de partículas menores do que o próton?
Justifique.

Após a análise quantitativa e qualitativa, e a apresentação dos conhecimentos prévios dos alunos pela aplicação do pré-teste apresentamos por meio do gráfico. Podemos concluir que os discentes apesar de já terem vistos modelos atômicos poucos lembram ou realmente sabiam sobre essa temática.

Podemos observar pela “Questão 1” 50% alunos responderam que o átomo é uma partícula indivisível, ainda trazendo as ideias de Dalton, deixando claro que não tem ideia que o modelo não evoluiu desde então. E 12,5% afirmam desconhecer o que é átomo destacando ainda mais a deficiência do conteúdo.

Na questão 2 fica explícito que a maioria (62,5 %) da turma desconhece outras partículas formadoras do átomo pois afirmaram que era composto apenas por prótons, neutros e elétrons e que 12,5 % marcaram a letra E que define átomo como uma bola maciça e indivisível.

Questão 3 (52,5 %) marcaram a alternativa C que afirma que a definição do próton sendo uma partícula elementar. E nenhum aluno marcou a alternativa d que era a resposta correta.

Quando para definir um elétron na Questão 4 Partículas (37,5%) definiram que era uma partícula elementar porque possuem carga elétrica negativa. E 25% defenderam que seria uma partícula elementar por ter uma massa pequena.

Na Questão 5 quando questionados pela a melhor definição de nêutrons (47,5%) marcaram a alternativa que afirmava que era partículas elementares porque ficam no núcleo.

Quando a pergunta é sobre o modelo atômico atualmente aceito 55% entendem que é o modelo de Bohr. E 0%, ou seja, nenhum aluno refere-se ao quântico.

Na Questão 7 sobre defina partícula elementar 50% marcaram a opção C que dizia que era a menor porção da matéria conhecida. Podemos notar que o aluno tinha o entendimento sobre isso e realmente acreditava que o próton, elétron e nêutron era as menores partículas de um átomo.

Quando questionados na Questão 8 sobre como constitui um modelo atômico a resposta que obteve mais 57,5% marcaram a alternativa E que afirmava que as teorias eram criadas por cientistas e que não podem ser ajustadas. Com a aquela concepção que a ciência é imutável e não evolui, destacando mais uma vez a importância do estudo de história da ciência.

50% dos alunos foram categóricos na questão 9 quando o assunto foi antipartículas negando a sua existência.

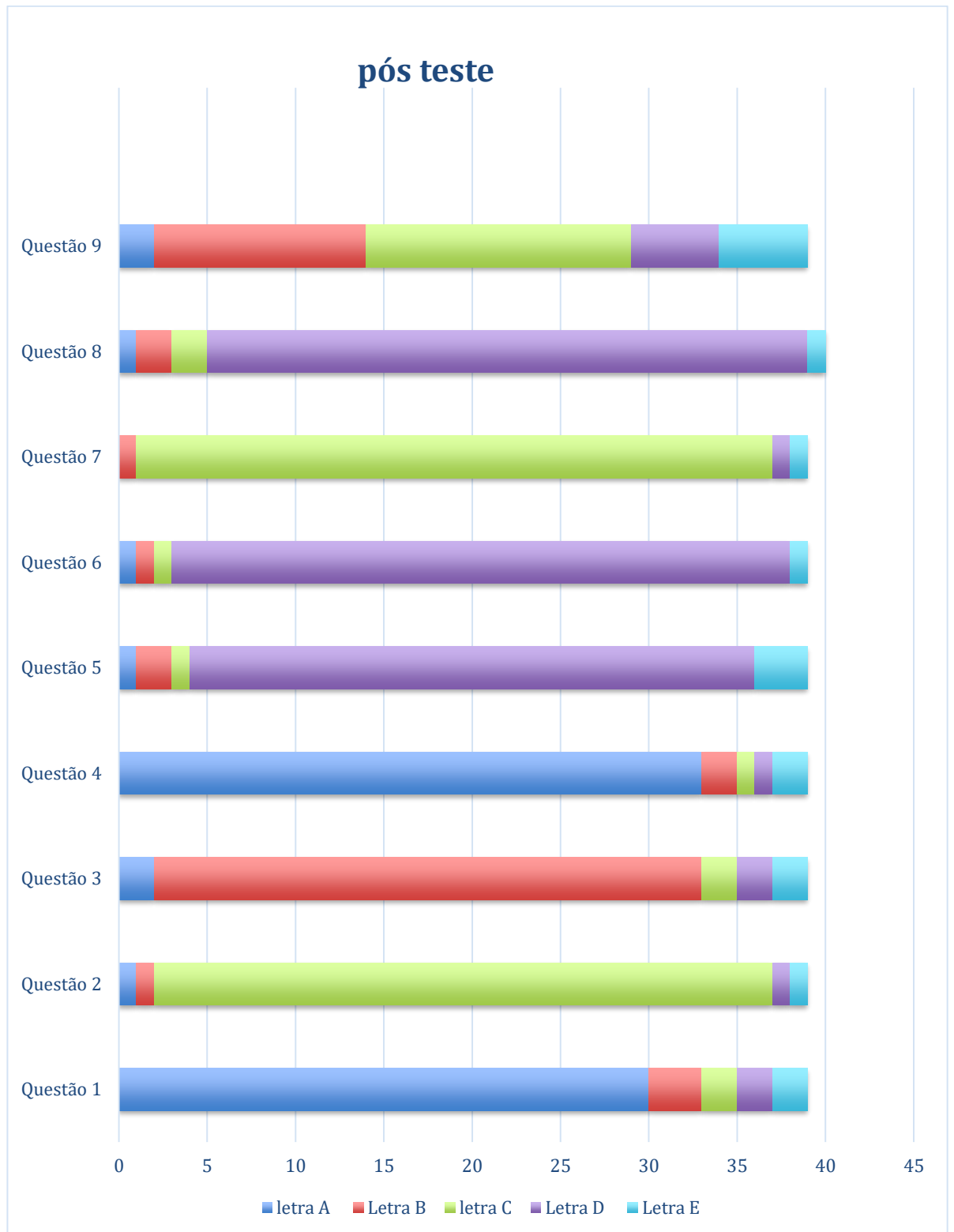
Na única questão discursiva vale destacar alguns relatos: a pergunta foi: você acredita que exista partícula menor que o próton?

A1: “não existe partícula menor que o próton, pois ele já é muito pequeno.”

A2: “Uma partícula menor que o próton é o elétron.”

Após a aplicação do Pré teste ficou notório que a defasagem do conteúdo modelo atômicos, tanto na história da ciência quanto na associação de componentes elementares. O trabalho de intervenção se fazia necessário.

Gráfico 2: Questionário aplicado depois da aplicação do jogo de tabuleiro



Questionário pós teste

1- Qual é a teoria atual que melhor explica do que é composta toda a matéria?

- a) **Modelo padrão.**
- b) Thomson
- c) Rutherford.
- d) Bohr
- e) Dalton

2- O conceito de átomo já sofreu diversas alterações no decorrer da história. Hoje o que melhor se adequa para a sua definição é?

- a) A menor parte da matéria que constitui um ser vivo
- b) Uma partícula indivisível.
- c) **a menor parte da matéria.**
- d) Uma partícula básica da matéria.
- e) não sei o que é o átomo

3-Do que é composta toda matéria?

- a) Prótons, elétrons e nêutrons
- b) **Léptons e quarks.**
- c)Partícula alfa e beta.
- d)Partículas positivas no núcleo e negativas na eletrosfera.
- e) uma bola maciça e indivisível.

4- A melhor definição para elétrons é:

- a) **Partículas elementares porque são indivisíveis**
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica negativa.
- c)Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d)São partículas elementares pois sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Partículas elementares porque ficam na eletrosfera.

5- O que são nêutrons?

- a) São partículas elementares porque são indivisíveis
- b) Partículas elementares pois sua carga elétrica é zero.
- c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma do próton.

d) São partículas compostas por quarks.

- e) Partículas elementares porque ficam no núcleo.

6- Prótons são:

- a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica positiva.

d) Partículas constituídas por quarks.

- e) Partículas elementares porque ficam no núcleo.

7- Uma partícula elementar é mais bem descrita por qual alternativa?

- a) Um átomo.
- b) Um conjunto de prótons.
- c) A menor porção da matéria conhecida.**
- d) Um conjunto de elétrons.
- e) um conjunto de nêutrons.

8- Como é feita a construção de um modelo atômico?

- a) Pela imaginação de cientistas.
- b) Por meio de observações da natureza.
- c) Por meio de observações experimentais.
- d) Associando fenômenos experimentais e teorias que se ajustam.**
- e) Teorias criadas por cientistas e que não podem ser ajustadas.

9- O que é a antimatéria?

- a) Partículas responsáveis pelas interações fundamentais da natureza.
- b) Partículas com todas as características contrárias à de sua correspondente na matéria.

c) Partículas iguais as suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta.

d) Partículas responsáveis por interações entre dois corpos.

e) Não existe

10- Você acredita que o jogo te ajudou no entendimento de novos conceitos? Justifique.

A aplicação aconteceu no dia 04 de dezembro de 2018 para 39 estudantes as 7:00 hrs. pois uma aluna faltou no dia da aplicação. Podemos aferir do gráfico através de uma análise quantitativa que nos pós teste realizado depois da aplicação do produto educacional.

Notamos que Questão 1 (76%) afirmaram que o modelo atual é o quântico. Verificando uma mudança significativa após a aplicação do jogo. Pois antes do produto ser aplicado nenhum aluno fez alusão ao modelo quântico como modelo atual. Na Questão 2 quando a pergunta se refere ao conceito do átomo 89 % marcou a alternativa C que afirma que é a menor parte da matéria.

Observando a Questão 3 quando se questiona do que é composta toda matéria? 79% afirmaram que é composta Léptons e quarks. Enfatizando a importância do jogo na mudança de percepção do estudante quando o assunto é o modelo padrão de partículas elementares. Para definir o que é elétrons na Questão 4: 84% marcou letra A que diz que Partículas elementares porque são indivisíveis mostrando que o discente tem entendimento sobre o que é uma partícula elementar.

Na Questão 5 a pergunta foi: O que são nêutrons? E 82% dos estudantes marcaram a letra D que defendia que São partículas compostas por quarks. Esse resultado tem muito significado, pois sabem aplicar os conhecimentos adquiridos no jogo. Nessa mesma perspectiva na Questão 6 foi indagado o que são Prótons e 89% dos alunos se referiram a partículas constituídas por quarks. reafirmando o entendimento adquirido durante a aplicação do produto educacional.

Na Questão 7 a pergunta foi feita sobre uma partícula elementar é mais bem descrita por qual alternativa? E categoricamente 92% dos discentes marcaram a alternativa que afirmava ser a menor porção da matéria conhecida.

Em relação a história da ciência e sua evolução os resultados são bastante significativos como podemos observar na Questão 8 quando indagados sobre como é feita a construção de um modelo atômico? 87% responderam que está associado a fenômenos experimentais e teorias que se ajustam.

E na última questão objetiva a pergunta foi sobre o que é antimatéria 38% disseram que são Partículas iguais as suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta. E 25% que Partículas com todas as características contrárias à de sua correspondente na matéria. Mostrando uma falha de compreensão na maioria dos estudantes. Um ponto para ser observado na execução do jogo de tabuleiro.

Na pergunta 10-Você acredita que o jogo te ajudou no entendimento de novos conceitos? Os alunos deram depoimentos que ajudaram a dimensionar a importância do momento de aplicação.

A1: O jogo me ajudou muito! Não sabia que existia partículas menores que o próton se contar que foi muito legal uma aula diferente, nem lembrei que estava na escola.

A2: O jogo é muito divertido! Parabéns professora! Ajudou muito.

A3: Fiquei surpresa em saber que tanta gente trabalhou para desenvolver os modelos atômicos e que pode mudar a qualquer momento. O jogo foi muito legal principalmente na hora da batalha, gerou uma disputa muito legal na sala.

A4: O jogo ajudou muito não sabia que era tão fácil assim entender partículas e forças. Parabéns foi muito divertido e legal.

Após as análises feita podemos verificar que houve um enorme avanço conceitual dos alunos referentes ao modelo padrão. Superando as expectativas iniciais, pois foi realizada de forma prazerosa e entusiasta, onde o aluno foi protagonista do processo de ensino e aprendizagem, sendo ele o elemento chave e o professor um simples orientador. Concordamos com Gardner (1995, pag.:11) que afirma que “a pessoa aprende melhor a informação quando esta é apresentada num contexto rico”. Na aplicação de um jogo educacional: viajando ao invisível” foi construído com o objetivo de criar um ambiente capaz de superar o individualismo a fim de propiciar uma aprendizagem.

6. Considerações finais

O Projeto “Conhecendo as partículas subatômicas através de um jogo educacional: viajando ao invisível” foi elaborado com o principal objetivo de levar o conteúdo modelo padrão para as salas do ensino médio, aproximando-o do cotidiano do estudante. Para que o discente se mantenha atualizado sobre as partículas elementares e suas interações. No decorrer da aplicação o ponto culminante foi a aplicação do jogo de tabuleiro pois os alunos ficaram surpresos sobre a existência de partículas elementares que formavam os prótons e nêutrons. Ficando bastante clara a motivação para desvendar o mundo quântico. Conhecendo a dificuldade que o professor encontra para aplicação de qualquer conceito de física moderna, esse trabalho também teve a preocupação de propor uma sequência didática para orientar os possíveis aplicadores facilitando a utilização do produto educacional. Desta maneira, também segue nos apêndices um manual de apoio, tanto para o docente quanto o discente que queiram se aprofundar na teoria do modelo padrão, pois no decorrer do trabalho tivemos dificuldade de encontrar documentos que subsidiassem a parte teórica.

Os resultados comparativos do Pré e pós teste mostram que foi positiva a aplicação do produto educacional na Escola Estadual João Tibúrcio. Pois podemos observar que após a aplicação do produto educacional os alunos conseguiram compreender as interações fundamentais assim como reconhecer as partículas fundamentais, surpreendendo todas as expectativas. Esperamos que seja difundido para qualquer ambiente, pois o conhecimento não só está dentro dos muros escolares.

Durante o processo de elaboração da dissertação, participamos do Encontro Regional Nordeste Mestrado Nacional Profissional Ensino de Física (MNPEF), em Fortaleza, CE. Esse evento foi realizado na Universidade Federal do Ceará na seara da ciência em 2019. Nesse encontro foi muito importante a troca de experiências e ideias sobre os produtos educacionais entre os mestrandos ali presentes de diversos polos da região.

Referências

BEDIAGA, Ignácio **antimatéria e o universo**. Coordenação de Física experimental de altas energias. Centro brasileiro de pesquisas física. RIO de Janeiro. 2010.

MELO, Marcos Gervânio de Azevedo Melo. **A física no ensino fundamental: utilizando o jogo educativo “viajando pelo universo”**. Dissertação do mestrado em ensino de ciências exatas. UNIVATES, Lajedo 2011.

MENEZES, Luís Carlos. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Parte III Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 20/03/2018.

MOREIRA, Marco Antônio. **O Modelo Padrão da física de partículas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p. 1306, 2009. ISSN 18069126. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/modelopadroao.pdf>>. Acesso em: 08/05/2016.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Um Pôster para ensinar Física de Partículas na escola**. Física na Escola, v. 2, n. 1 (2001). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/particulas.pdf>. Acesso em: 10/03/2019.

PINTO, Alexandre Custódio; ZANETIC, João. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** Cad. Bras. de Ens. de Fís., v. 16, n. 1, p.794, Florianópolis, 1999. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165612>>. Acesso em: 10/04/2016.

RBEF. **Física moderna e contemporânea no ensino médio: chamada de artigos**. Rev. Bras. Ensino Fís., vol.24, n.4, pp. 375-376, 2002. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180611172002000400001>. Acesso em: 07/05/2016.

RÉ, Ricardo Luís de Ré. **Física de partículas na escola: um jogo educacional**; Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física Florianópolis, SC, 2016.

REGO, T. C. Vygotsky: **uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 10. ed. Petrópolis: Vozes, 2000.

Sias, D. B., et al. **Introdução à Física de Partículas**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/Hipermidias/Mutzenberg/arq/tr00.pdf>. Acesso em: 23/03/2019.

SILVA, Hudson de Aguiar. **O uso do jogo no ensino de física com foco nas competências e habilidades exigidas pelo novo ENEM**. Dissertação de Mestrado do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://dippg.cefetrj.br/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=980&Itemid=23>. Acesso em: 15/05/2019.

Souza, M. A. M. Nascimento, A. C. S. Ferreira. F. Costa. **Jogo de Física de partículas: Descobrimo o bóson de Higgs**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 2, e20180124. 2019 Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0124>>. Acesso: 20/12/2018.

STEINKIRCH, Marina Von. **O modelo Padrão**. Instituto de física da USP.
TEZANI, Thaís Cristina Rodrigues. **O jogo e os processos de aprendizagem e desenvolvimento: aspectos cognitivos e afetivos**. Educação em revista, Marília, 2006.v.7, pag. 1-16.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 5 ed. Rio de Janeiro. Editora: LTC, 2001.

VIDAL, Rafella Sayonara Marques Ferreira. **Ensino de Termodinâmica através da construção de instrumentos de medição de variáveis meteorológicas e da confecção de miniestação meteorológica portátil com Arduino**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, Natal,2018.

YOUNG, Hugh D. FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna-12º edição**. são Paulo:2008. Editora: Pearson.

Apêndice A

Conhecendo as partículas subatômicas através de um jogo educacional: viajando ao invisível.

Material de apoio

Sumário

- I- Introdução**
- II- Elementos do jogo**
- III- Regras do jogo**
- IV- Sequência didática**
- V- Material de apoio teórico**
- VI- Bibliografia**

CONHECENDO AS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS ATRAVÉS DE UM JOGO EDUCACIONAL: VIAJANDO AO INVISÍVEL.

Material de apoio

I- INTRODUÇÃO

A partir de agora vocês estão convidados a fazer parte da tripulação da nave Space a uma viagem Inter galáxia, onde o objetivo é coletar partículas e forças elementares no espaço sideral. Brincar é a maneira mais divertida para aprender, principalmente se desperta questionamentos como: Do que o universo é feito? Para responder essas indagações criamos um jogo educacional com o objetivo principal de apresentar conceitos das partículas subatômicas de forma lúdica. Transformando conteúdos densos e muitas vezes inéditos em momentos divertidos e agradáveis. Assim, despertando a sua curiosidade tanto para a ciência quanto para física quântica.

A temática aqui trabalhada é a apresentação do conteúdo do modelo padrão, que é a explicação atual para as interações fundamentais da natureza, surgimento do universo, existência de matéria e antimatéria e que vem ajudando o ser humano entender a sua origem e evolução.

Aqui veremos o conteúdo simplificado do modelo padrão e as teorias aceitas atualmente para as partículas que nos constitui.

Conhecendo as partículas subatômicas através de um jogo educacional: viajando ao invisível.

Material de apoio

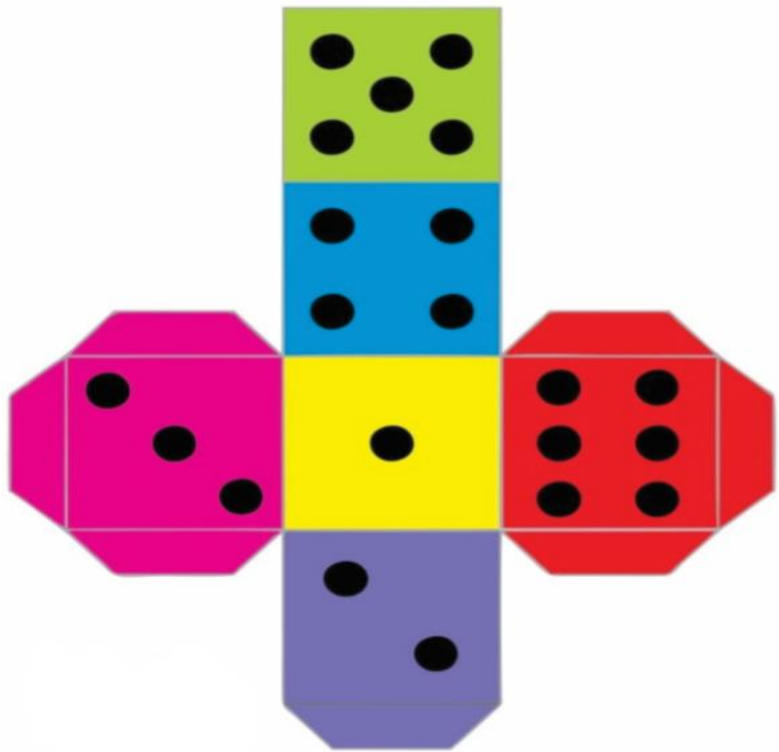
Elementos do jogo

Tabuleiro



Tabuleiro inspirado em uma viagem Inter galáxia em uma nave espacial “Space” a procura de partículas e forças elementares. A ideia foi construí-lo bem colorido e interativo para

Dado utilizado



Cones:



Cartas perguntas, cartas de forças e partículas e de antimatéria

Força forte



Pontuação: 2

A força forte segura os quarks grudados para formar hádrons; então, suas partículas transportadoras são caprichosamente chamadas de Glúons.

FORÇAS E PARTÍCULAS

21

Em 1905 o físico alemão Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico usando a hipótese que a luz é formada por pacotes de energia que hoje recebe o nome de:

- a) Elétrons
- b) Prótons
- c) Fótons

Resposta: C

HISTÓRIA DA CIÊNCIA

20

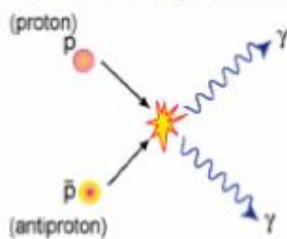
Para o modelo padrão três quarks unidos pela ação da partícula mediadora formam prótons e nêutrons que ficam confinados em uma pequena região que é o núcleo atômico. Qual é o nome da partícula citada acima?

- a) gravidade
- b) interação fraca
- c) glúon

Resposta C

PARTÍCULAS SUBATÔMICAS

i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um POSITRON, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER uma partícula de próton.**

ANTIMATÉRIA

Regras do jogo

1. Os jogadores colocarão seus respectivos pinos na casa chamada início. Até quatro jogadores percorrerão o tabuleiro utilizando os pinos com o objetivo de chegar ao final do trajeto. Quem chegar primeiro é o vencedor.
2. Na primeira rodada todos os jogadores lançam o dado uma vez, o que tiver a maior pontuação será o primeiro a responder as perguntas. Caso haja empate com dois ou mais jogadores, eles devem fazer outra rodada até definir quem será o primeiro.
3. O jogador deverá lançar o dado e andar quantas casas correspondentes.
4. O jogador a esquerda de quem vai responder pega a primeira carta correspondente a casa que o jogador caiu e faz a pergunta.
5. Se o jogador acertar a pergunta feita ganhara uma carta do bloco força e partículas. Se errar devera pegar uma carta do monte intitulado como antimatéria.
6. Nas rodadas seguintes o processo será o mesmo descrito nos pontos 4 e 5 acima.
7. Cada carta de antimatéria aniquila uma carta de uma partícula no qual já está descrita.
8. Se o jogador estiver na casa batalha ele deverá escolher um oponente para batalhar.
 - Nessa batalha ele usará as cartas de partículas e forças, não serão consideradas as cartas que foram aniquiladas pela antimatéria
 - Ganha a batalha quem possui maior soma na pontuação das cartas conquistadas. O critério de desempate será a pontuação de cartas que possuem apenas partículas.
 - Se o jogador que propôs a batalha ganhar ele trocar de posição no tabuleiro com o seu oponente.

Sequência didática

Introdução

Esse material é uma proposta de sequência didática destinado ao professor(a) para aplicação do produto educacional: “viajando ao invisível”, um jogo de tabuleiro que foi criado com o objetivo de ser usado como ferramenta para o Ensino de Física com foco principal em inserir a teoria do modelo padrão. Esse produto é resultado de um projeto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física no qual foi aplicado inicialmente aos alunos do Ensino Médio da Escola Estadual João Tibúrcio. O material foi escrito com o objetivo de facilitar a inserção do produto nas aulas de física no ensino médio servindo como orientação do trabalho docente.

Ao professor

Prezados professores, o processo de ensino aprendizagem é dinâmico, e para atrair o interesse do aluno é necessário que os conteúdos façam parte de suas experiências cotidianas. Assim o material didático precisa acompanhar a evolução da ciência. Pensando desta maneira é de suma importância que os alunos conheçam a teoria mais aceita atualmente para a pergunta: De que é feito o universo? A partir dessa inquietação e a tentativa de promover o ensino de física moderna de forma diferenciada, motivou a construção desse material para que possa ser utilizado na docência. Esse trabalho consiste em um tabuleiro que irá ajudar vocês, professores, que pretendem dinamizar suas práticas docentes no ensino de Física através da ludicidade. Espero que esse produto educacional possa auxiliar na condução das suas aulas, estimulando e aguçando o senso investigativo dos estudantes. A proposta traz uma sequência didática que foi desenvolvida na aplicação do jogo e possui como público-alvo estudantes do Ensino Médio. Como a sequência didática abrange o modelo padrão, o(a) professor(a) irá abordar essa sequência de acordo com seu cronograma na instituição onde a disciplina será ministrada, mas no corpo do texto possui uma sugestão de estimativa temporal para a realização das tarefas. Com esse produto educacional espera-se que o professor consiga promover, de forma dinâmica, contextualizada e interativa, o ensino de forma significativa.

Sequência didática

Tema: Modelo Padrão

Atividade sugerida para o ensino Médio

Duração: 10 aulas (45 minutos cada) com aulas germinadas.

Área de conhecimento: ciências naturais

Disciplina: Física

Objetivo: permitir aos alunos conhecerem sobre o tema modelo padrão e refletirem criticamente sobre de que é feito o universo.

Recursos didáticos: Projetor de multimídia, computadores conectados à internet e jogo de tabuleiro.

1° momento: (45 minutos)

Dialogicidade: Indagar os alunos com os seguintes questionamentos:

- Do que é feito o universo?
- O que mantêm o universo unido?

Eles terão 15 minutos para refletir, Em seguida, os alunos deverão elaborar um breve texto individual sobre as conclusões obtidas a partir da problemática inicial. E a partir das respostas dadas, eles serão comparados gerando uma discussão sobre o tema.

2° momento: (45 minutos)

Depois da conversa introdutória o docente explica que precisa averiguar os conhecimentos de forma prévia e diagnóstica.

Avaliação: diagnóstica- Anexo

3° momento (45 minutos)

Propor que a turma se organize em média com 4 equipes composta de 5 componentes cada uma. Explicando que cada um grupo será representada por um pino no tabuleiro e que todas as respostas devem ser pronunciadas, depois de uma decisão em conjunta, pelo líder da equipe. Desta forma todos façam um círculo em volta do tabuleiro (30 minutos). Após a organização o professor poderá ler em voz alta as regras do jogo encontradas no produto educacional. (15 minutos).

4° momento (45 minutos): Aplicação do produto educacional

Aplicação do jogo de tabuleiro: “viajando ao invisível” – encontrado no Apêndice A. Lembrando que o professor já teve ter impresso o material, tabuleiro; cartas; dados e cones.

Figura 1: o jogo de tabuleiro



Fonte: A autora

5º momento (45 minutos)

Dialogicidade: Indagar os alunos com o seguinte questionamento:

- Do que é feito o universo?
- O jogo ajudou a desvendar esse mistério?

Eles poderão fazer um círculo e discutir sobre

6º momento (45 minutos): verificação

Depois da conversa inicial o docente explica que precisa averiguar o que eles aprenderam de forma sistemática e finalmente aplicar a avaliação pós teste. Com o objetivo principal de averiguar se o aluno conseguiu desenvolver seus conhecimentos sobre modelo padrão através do jogo.

Avaliação: Pós teste - Anexo

7º momento (180 minutos): Sistematização do conhecimento:

- 1) Após a verificação do nível conceitual dos alunos o docente irá sistematizar o conteúdo.

2) É necessário levar os alunos ao laboratório de informática e pedir que eles acessem o link <http://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/>. Nessa página o aluno vai ter acesso a todo o material para a explicação do modelo padrão de forma interativa e dinâmica aguçando ainda mais a curiosidade do aluno.

Figura 2: Site para exposição do conteúdo sistemático

[Retornar à página de boas vindas da Aventura das Partículas](#)



A aventura das Partículas

Página Inicial

[Versión en Español](#) - [Française](#) - [Wersja Polska](#) - [Slovenska Verzija](#)



O Modelo Padrão

O Modelo Padrão é uma teoria que explica as partículas e as forças fundamentais. Explica do que o mundo é feito e o que o mantém unido. Contudo, ainda existem muitas questões a serem respondidas.

- [O que é Fundamental?](#)
- [Do que o Mundo é Feito?](#)
- [O que o Mantém Unido?](#)
- [Decaimento das Partículas](#)
- [Mistérios Não Resolvidos](#)



Evidências Experimentais

Evidências experimentais levaram os físicos a desenvolver o Modelo Padrão, e experimentos mais recentes têm confirmado muitas dessas previsões teóricas.

- [Como Podemos Conhecer Algo sobre Isto?](#)
- [Como Podemos Detectar o que Está Acontecendo?](#)
- [Como Fazemos Experimentos Com Partículas Minúsculas?](#)
- [Como Interpretamos Nossos Dados?](#)

Fonte: <https://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/frames.html>

3) Assim de maneira expositiva e dialogada com o docente poderá começar a explicação sobre a teoria do modelo padrão, embasando os conceitos vistos pelos alunos anteriormente no jogo e sistematizando o conteúdo.

Figura 3: Site para exposição do conteúdo sistemático

The Particle Adventure

Página Inicial
O Que é Fundamental?
Quais as Esmas
A Busca do que é Fundamental
O Atomo
O Vácuo é Fundamental?
Os Prótons e os Nêutrons são fundamentais?
A Escala do Atomo
O Que Estamos Procurando?
O Modelo Padrão
Do que o Mundo é Feito?
O que o Mantém Unido?
Decaimento de Partículas
Mistérios Não Resolvidos
Como Podemos Conhecer Algo sobre Isto?
Como Podemos Detectar o que Está Acontecendo?
Como Fazemos Experimentos com Partículas (Minúsculas)?
Como Interpretamos Nossos Dados?

O Que é Fundamental?: A Busca do que é Fundamental

Do que o Mundo é Feito?

Por que tantas coisas neste mundo compartilham as mesmas características?

As pessoas concluíram que a matéria que compõe o mundo é na verdade um conglomerado de alguns blocos fundamentais de construção da natureza.

A palavra "fundamental" é a chave aqui. Entendemos por blocos fundamentais de construção objetos que são **simples e sem estrutura** -- não são constituídos por nada menor.

Mesmo na Antigüidade, as pessoas procuravam organizar o mundo ao seu redor em elementos fundamentais, como terra, ar, fogo e água.

Pergunta fácil: Quem foi o primeiro a identificar os elementos fundamentais como terra, ar, fogo e água? [\[Resposta\]](#)

(c) Andy Brice 1998

Fonte: <https://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/frames.html>

4) Nesse site possui diversos assuntos bem interessantes, mas aconselha-se que o professor trabalhe os três primeiros tópicos do site, pois é o que está relacionado ao produto educacional.

- O que é fundamental
- Do que o mundo é feito?
- O que o mantém unido?

5) Caso a escola não possua laboratório de informática o professor poderá apresentar o conteúdo através da exposição em projetor de multimídia.

Atividade de avaliação: Ao término das aulas teóricas propõe que o professor confeccione cartazes tomando com base o que já encontra pronto nesse site e coloque exposto na sala de aula com modo de revisão.

Figura 4: Exemplo de Cartaz a ser produzido

Standard Model of FUNDAMENTAL PARTICLES AND INTERACTIONS

The Standard Model summarizes the current knowledge in Particle Physics. It is the quantum theory that includes the theory of strong interactions (Quantum Chromodynamics or QCD) and the quantum theory of weak and electromagnetic interactions (electroweak). Gravity is included in this chart because it is one of the fundamental interactions seen through our part of the "Universe Window".

FERMIONS

Leptons spin = 1/2

Name	Mass (GeV/c ²)	Electric charge
e^- electron	0.511×10^{-3}	0
μ^- muon	0.105658	-1
τ^- tauon	1.7771	-1

Quarks spin = 1/2

Name	Approx. Mass (GeV/c ²)	Electric charge
u quark	0.002	2/3
d quark	0.005	-1/3
s quark	0.1	-1/3
c quark	1.3	2/3
b quark	4.2	-1/3

Structure within the Atom

BOSONS

Force carriers spin = 0, 1, 2, ...

Name	Mass (GeV/c ²)	Electric charge
γ photon	0	0
W^\pm	80.4	-1
Z^0	91.1876	0

Gluons spin = 1

Name	Mass (GeV/c ²)	Electric charge
g quark	0	0

PROPERTIES OF THE INTERACTIONS

Property	Gravitational	Electromagnetic	Weak	Strong
Acts on	Mass + Energy	Electric Charge	Color Charge	Color Charge
Particles experiencing	All	Quarks, leptons electrically charged	Quarks, leptons	Quarks, Gluons
Particles mediating	Graviton	γ	W^\pm, Z^0	Gluons
Range of interaction	∞	∞	$\sim 10^{-16}$	$\sim 10^{-15}$
Two particles in contact	$\sim 10^{-37}$	$\sim 10^{-28}$	$\sim 10^{-5}$	$\sim 10^{-13}$

Number and Antinumber

Number and Antinumber are an intrinsic characteristic of physical processes. They are conserved in all interactions. For example, in the decay of a particle into two others, the total number of particles is conserved. In the case of a particle and its antiparticle, the total number of particles is conserved, but the total number of particles of each type is not. For example, in the decay of a particle into two others, the total number of particles is conserved, but the total number of particles of each type is not.

The Particle Adventure

The Particle Adventure is a project that aims to popularize the knowledge of particle physics. It is a series of articles, videos, and other materials that aim to make the subject more accessible to the general public. The project is coordinated by the Brazilian Society of Particle Physics (SBPF).

Fonte: <https://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/frames>

Material de apoio teórico

Durante o trabalho ficou claro a dificuldade de encontrar material sobre a teoria do modelo padrão com linguagem acessível e clara. Por isso construímos esse material de apoio para apresentar os conceitos da teoria do modelo padrão.

Modelo padrão

O modelo Padrão de partículas na verdade é uma teoria matemática que explica as forças fundamentais: forte, fraca e eletromagnética como também as partículas fundamentais que compõem toda a matéria.

A teoria atualmente explica que o universo é constituído de partículas elementares e suas interações. Os cientistas descobriram que o desta maneira se distinguem, interagem e são classificadas de acordo com algumas características que possuem, como massa de repouso, spin e carga elétrica. Assim são divididas em duas classes:

Férmios: são descritos por funções de onda antissimétrica, "obedecem" ao princípio da exclusão de Pauli, possuem spin semi-inteiro ($1/2$, $3/2$, $5/2$ etc).

3) **Léptons:** constitui uma família de partículas elementares: múon, tau, seus neutrinos e a mais conhecida que é o elétron. Os léptons mais pesados, o múon e o tau, não são encontrados em toda matéria. Isso porque quando são produzidos, eles decaem muito rapidamente, ou transformam-se em léptons mais leves, e às vezes o tau pode decair em quarks, antiquarks e um neutrino. Os elétrons e as três espécies de neutrinos são estáveis e, por isso, são os tipos mais encontrados ao nosso redor. É importante destacar que para cada carga existente possui uma antipartícula que possui a mesma massa mas carga elétrica diferente. Assim existe 6 Partículas, mais 6 antipartículas totalizando 12 Léptons.

Símbolo e nome	Massa de repouso (MeV/c ²)	Carga elétrica
ν_e neutrino do elétron	~ 0	0
e elétron	0,511	-1
ν_μ neutrino do múon	~ 0	0
μ múon	107	-1
ν_τ neutrino do tau	< 70	0
τ tau	1777	-1

Tabela de quarks.

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/particulas.pdf>

4) **Quarks:** É dividido e caracterizado por spin, carga elétrica e massa. possivelmente, os constituintes fundamentais da matéria. Há seis espécies, ou sabores, de quarks: u (up), d (down), c (charme), s (strange), b (bottom) e t (top). Cada uma dessas espécies pode apresentar-se em três “edições” chamadas cores: 1 (vermelho), 2 (verde) e 3 (azul). Haveria então 18 quarks distintos. Porém, como cada um deles tem a sua antipartícula, o número total de quarks é 36 (uma antipartícula tem a mesma massa e o mesmo spin da partícula em questão, porém carga oposta.) Quarks têm carga elétrica fracionária (+2/3 para os sabores u, c e t e -1/3 para os sabores d, s e b), mas nunca foram detectados livres; aparentemente, estão sempre confinados em partículas chamadas hádrons (da palavra grega hadros, que significa massivo, robusto, forte).

Símbolo e nome	Massa de repouso (MeV/c ²)	Carga elétrica
u up	~ 5	2/3
d down	~ 10	-1/3
c charm	1500	2/3
s strange	~150	-1/3
t top	~ 174000	2/3
b bottom	~ 4700	-1/3

Tabela de léptons.

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/particulas.pdf>

Segundo o Modelo Padrão a grande quantidade de partículas elementares até hoje detectadas, cerca de 300, em aceleradores/colisores de partículas ou em raios cósmicos, pode ser agrupada em léptons, quarks e hádrons ou em léptons e hádrons, visto que os quarks são constituintes dos hádrons ou, ainda, em léptons, bárions e mésons, pois os hádrons podem ser divididos em bárions e mésons.

Bósons: Um sistema formado por partículas idênticas com spin inteiro é descrito por uma função de onda simétrica que servem em grande maioria como mediadora na formação de partículas maiores.

- 5) Fótons
- 6) Bóson
- 7) Glúons
- 8) Os bósons de Higgs

Estas partículas interagem através da troca de partículas de outra classe, chamadas de partículas de interação, e transmitem momento de uma partícula a outra. Estas interações fundamentais recebem o nome de: Gravitacional; eletromagnética; nuclear fraca; nuclear forte.

São classificadas de acordo com características da partícula (fonte) que estão interagindo.

Interação	Bóson mediador	Fonte
Forte	Glúon	Carga cor
Eletromagnética	Fóton	Carga elétrica
Fraca	$W^- / W^+ / Z^0$	Carga fraca
Gravitacional	Gráviton	Massa

Gravitacional : Qualquer corpos que possuem massa se atraem mutuamente essa é uma explicação simples para a força gravitacional, Já no campo da física das partículas essa força tem efeitos extremamente pequenos devido as massas na ordem de 10^{-18} . Sua partícula mediadora é o gravitão, que ainda não foi detectada experimentalmente mas já está prevista. Por conta disso o modelo padrão não consegue explicar satisfatoriamente essa interação tornando um grande mistério nesse campo de pesquisa.





Eletromagnética: Essa interação está relacionada com a carga elétrica que pode ser atrativa ou repulsiva assim como a gravitacional ela acontece de longo alcance. A partícula mediadora é o fóton que possui massa zero e sempre viajam à "velocidade da luz".

Forte: A interação forte se subdivide em duas: a interação forte fundamental e a interação forte residual. A interação forte fundamental ocorre entre os quarks, que compõem, por exemplo, os prótons (u,u,d) e nêutrons (d,d,u) do núcleo. Esta interação atua em carga de cor, uma propriedade que somente os quarks apresentam. Sua partícula mediadora é caprichosamente chamada de glúons porque elas "colam os quarks para formar hádrons que atua em pequeno alcance.

Uma interação forte residual atrativa que age entre os núcleons (o nome coletivo para prótons e nêutrons). É atrativa para todas as combinações de prótons e nêutrons, ou seja, um núcleon atrai outro núcleon. A partícula mediadora é o méson e tem um curto alcance.

Fraca: são as responsáveis pelo decaimento de quarks e léptons pesados em quarks e léptons mais leves. Quando partículas fundamentais decaem observamos seu desaparecimento e sua substituição por duas ou mais partículas diferentes. Mesmo que o total de massa e energia seja conservado, um pouco da massa original da partícula é convertido em energia cinética, e as

partículas resultantes sempre têm menos massa que a partícula original que decaiu. Suas partículas mediadoras são o W^+ , o W^- e a Z^0 . Estes mediadores são muito massivos e, ao contrário das outras partículas mediadoras (gráviton, fóton e glúon), que possuem massa de repouso nula, estes têm massa quase cem vezes maior que a massa do próton, o que implica que a interação fraca tem um raio de ação limitado, da ordem de 10^{-18} metros.

		INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS				
		Gravitacional	Fraca	Eletromagnética	Forte	
			Unificação Eletrofraca		Fundamental	Residual
PROPRIEDADES	Atua em	massa ou energia	sabor	carga elétrica	carga de cor	
	Quem sofre a ação?	todas as partículas	quarks e léptons	partículas eletricamente carregadas	quarks e glúons	hádrons
	Partícula mediadora	gráviton 	W^+ W^- Z^0	γ fóton	glúon	méson
	Alcance (metros)	infinito	$< 10^{-18}$	infinito	$\sim 10^{-15}$	
	Intensidade relativa	$\sim 10^{-40}$	$\sim 10^{-12}$	$\sim 10^{-2}$	1  2,4 	0,8

. Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/particulas.pdf>.

O problema nessa bela simetria de quatro cargas, quatro interações, quatro forças, quatro tipos de partículas mediadoras e quatro campos é que nenhum gráviton foi ainda detectado e a gravidade, em si, não encaixa bem nessa teoria que se convencionou chamar de Modelo Padrão. Este assunto será retomado mais adiante.

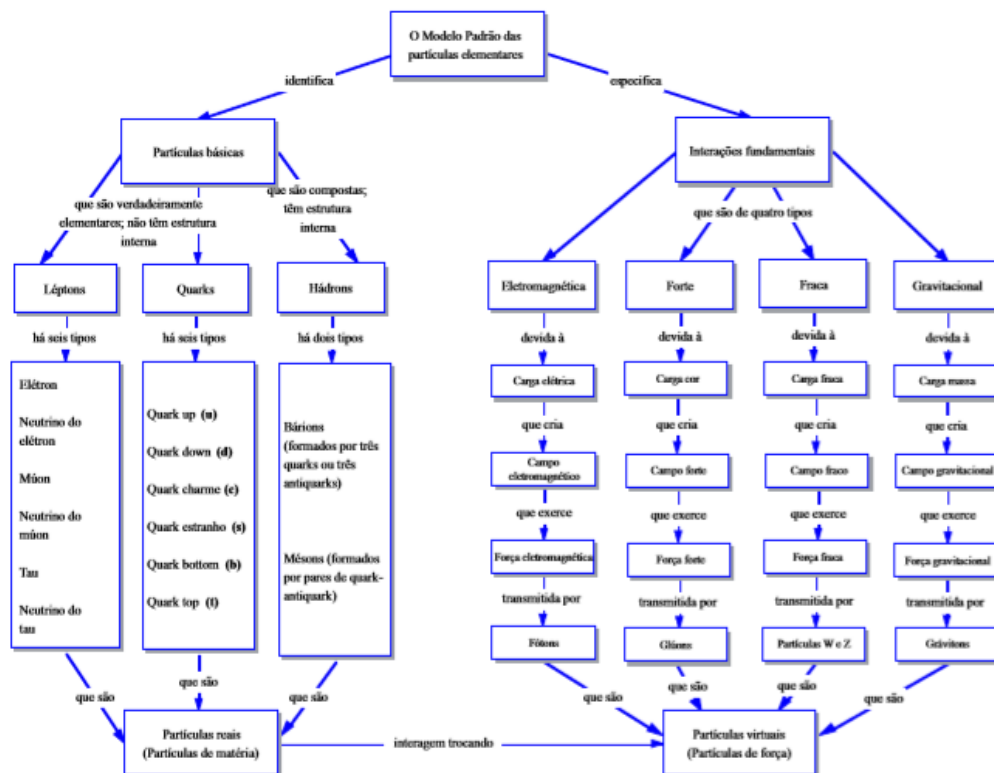
Os quarks nunca foi encontrado sozinhos sempre estão agrupados e consequencia dessa aglutinação se forma os **Hádrons**, grande maioria das chamadas partículas elementares são hádrons e estes são formados por três quarks ou três antiquarks (bárions) ou por um quark e um antiquark (mésons). Em princípio, a teoria dos quarks, a Cromodinâmica Quântica, não proibe a existência de partículas com estrutura mais complexa mas isso ainda esta sendo investigado e precisa de comprovações experimentais.

Desta forma a seguir temos exemplos:

HÁDRONS					
MÉSONS					
Bósons					
Exemplos de alguns Mésons e Antimésons					
Símbolo	Nome	Composição (Quarks)	Massa de repouso (MeV/c ²)	Carga elétrica	Spin
π^+	pi mais	$u\bar{d}$	140	+1	0
π^-	pi menos	$d\bar{u}$	140	-1	0
K^+	K mais	$u\bar{s}$	494	+1	0
K^-	K menos	$s\bar{u}$	494	-1	0
ρ^+	rho mais	$u\bar{d}$	770	+1	1
ρ^-	rho menos	$d\bar{u}$	770	-1	1

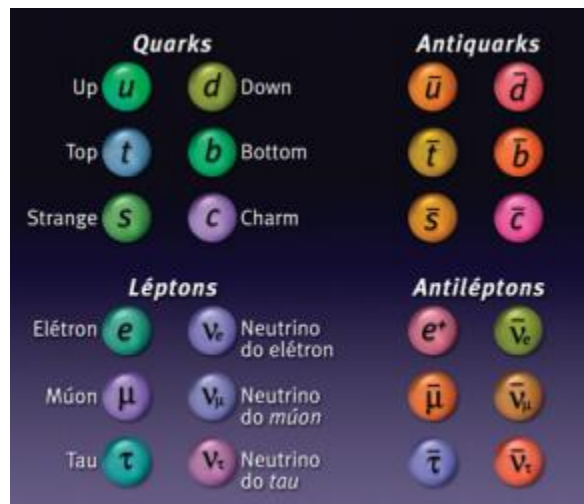
. Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/particulas.pdf>.

Um Mapa Conceitual sobre a teoria do modelo padrão.



A antimatéria

Para cada partícula existe uma antipartícula porém com carga elétrica oposta. Assim, a antimatéria é constituída de antiprótons, antinêutrons, antielétrons (chamados pósitrons, antiléptons, antiquarks). Partículas com cargas neutras como os fótons são iguais as suas antipartículas. Antigamente parecia que a matéria era constituída de prótons, nêutrons e elétrons, e a interação eletromagnética explicava por que os elétrons ficavam ligados aos núcleos nos átomos, através da explicação que cargas opostas se atraem. Mas para explicar a estabilidade do núcleo foi preciso postular uma nova interação fundamental, a interação forte, e para uma descrição do elétron para satisfazer a teoria quântica e à teoria da relatividade foi necessário prever a existência de antipartículas. Isso foi feito por Paul Dirac em 1933 seis meses depois Carl Anderson detectou em raios cósmicos a antipartícula do elétron pósitron), Antiprótons e antinêutrons foram descobertos nos anos cinquenta. Desde 1955, os físicos de partículas veem criando feixes de antiprótons e desde 1995 conseguem criar antiátomos.



Fonte: Revista Ciência hoje 2010 (pag.48)

Hoje no universo uma assimetria matéria/antimatéria: há mais matéria do que antimatéria, mas é o razão para a existência do mundo em que vivemos: matéria e antimatéria quando em contato se aniquilam mutuamente e convertem

sua massa total em uma quantidade equivalente de energia, ou seja, elétrons e pósitron se aniquilam produzindo um raio gama com a energia equivalente à soma de suas massas. Acredita-se que antes do Big Bang existia simetria entre as cargas. Esta situação ainda está sendo estudada pela física de partículas e observada por experimentos. O processo de produção de antipartículas é o contrário da aniquilação. Parte da energia produzida em colisões provocadas nos aceleradores de partículas é convertida, por exemplo, em pares de prótons e antiprótons.

Referências Bibliográficas

[Silva 2010] J. Silva e J. Souza, O ensino de Física em Botucatu, *Revista Botucatuense de Ensino de Física*, v. 97, n. 4, p. 1103-1125, 2010.

Anexos

Avaliação diagnóstica

1- Como você define um átomo?

- a) A menor parte da matéria que constitui um ser vivo
- b) Uma partícula indivisível formada por prótons, elétrons e nêutrons.
- c) a menor parte da matéria.
- d) Uma partícula básica da matéria.
- e) não sei o que é o átomo

2- Um átomo é composto por:

- a) Apenas por Prótons, elétrons e nêutrons
- b) Léptons e quarks.
- c) Partícula alfa e beta.
- d) Partículas positivas no núcleo e negativas na eletrosfera.
- e) uma bola maciça e indivisível.

3- Dê o melhor conceito para os prótons

- a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica positiva.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Partículas elementares porque ficam no núcleo.

4- O que são elétrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica negativa.
- c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d) São partículas elementares pois sua massa é muito pequena comparada com a do próton.

e) Partículas elementares porque ficam na eletrosfera.

5- Qual a melhor definição para nêutrons?

a) São partículas elementares porque são indivisíveis

b) Partículas elementares pois sua carga elétrica é zero.

c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma do próton.

d) São partículas compostas por quarks.

e) Partículas elementares porque ficam no núcleo.

6- O modelo atômico aceito atualmente é:

a) Quântico.

b) Thomson

c) Rutherford.

d) Bohr

e) Dalton

7- Defina partícula elementar.

a) Um átomo.

b) Um conjunto de prótons.

c) A menor porção da matéria conhecida.

d) Um conjunto de elétrons.

e) um conjunto de nêutrons.

8- Como se constitui um modelo atômico?

a) Pela imaginação de cientistas.

b) Por meio de observações da natureza.

c) Por meio de observações experimentais.

d) Associando fenômenos experimentais e teorias que se ajustam.

e) Teorias criadas por cientistas e que não podem ser ajustadas.

9- O que são antipartículas?

a) Partículas reesponsáveis pelas interações fundamentais da natureza.

b) Partículas com todas as características contrárias à de sua correspondente na matéria.

c) Partículas iguais as suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta.

d) Partículas responsáveis por interações entre dois corpos.

e) Não existe

10- Você acredita na existência de partículas menores do que o próton? Justifique.

Avaliação pós teste

1- Qual é a teoria atual que melhor explica do que é composta toda a matéria?

a) Modelo padrão.

b) Thomson

c) Rutherford.

d) Bohr

e) Dalton

2- O conceito de átomo já sofreu diversas alterações no decorrer da história. Hoje o que melhor se adequa para a sua definição é?

a) A menor parte da matéria que constitui um ser vivo

b) Uma partícula indivisível.

c) a menor parte da matéria.

- d) Uma partícula básica da matéria.
- e) não sei o que é o átomo

3-Do que é composta toda matéria?

- a) Prótons, elétrons e nêutrons
- b) Léptons e quarks.
- c)Partícula alfa e beta.
- d)Partículas positivas no núcleo e negativas na eletrosfera.
- e) uma bola maciça e indivisível.

4- A melhor definição para elétrons é:

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica negativa.
- c)Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d)São partículas elementares pois sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Partículas elementares porque ficam na eletrosfera.

5- O que são nêutrons?

- a) São partículas elementares porque são indivisíveis
- b) Partículas elementares pois sua carga elétrica é zero.
- c)Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma do próton.
- d)São partículas compostas por quarks.
- e) Partículas elementares porque ficam no núcleo.

6- Prótons são:

- a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- c)Partículas elementares porque possuem carga elétrica positiva.
- d)Partículas constituídas por quarks.
- e) Partículas elementares porque ficam no núcleo.

7- Uma partícula elementar é melhor descrita por qual alternativa?

- a) Um átomo.
- b) Um conjunto de prótons.
- c) A menor porção da matéria conhecida.
- d) Um conjunto de elétrons.
- e) um conjunto de nêutrons.

8- Como é feita a construção de um modelo atômico?

- a) Pela imaginação de cientistas.
- b) Por meio de observações da natureza.
- c) Por meio de observações experimentais.
- d) Associando fenômenos experimentais e teorias que se ajustam.
- e) Teorias criadas por cientistas e que não podem ser ajustadas.

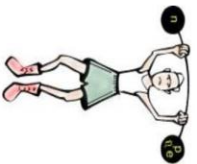
9- O que é a antimatéria?

- a) Partículas responsáveis pelas interações fundamentais da natureza.
- b) Partículas com todas as características contrárias à de sua correspondente na matéria.
- c) Partículas iguais as suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta.
- d) Partículas responsáveis por interações entre dois corpos.
- e) Não existe

10- Você acredita que o jogo te ajudou no entendimento de novos conceitos? Justifique.

O jogo de tabuleiro

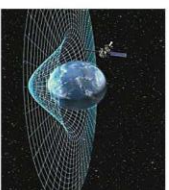
Força fraca



Pontuação: 2

São as responsáveis pelo decaimento de quarks e léptons pesados em quarks e léptons mais leves.

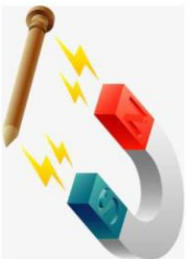
Gravidade



Pontuação: 2

A gravidade é estranha. É claramente uma das interações fundamentais, mas o Modelo Padrão não consegue explicá-la satisfatoriamente

Força magnética



Pontuação: 2

A força eletromagnética faz com que objetos com cargas opostas se atraiam e objetos com cargas iguais venham a se repelir.

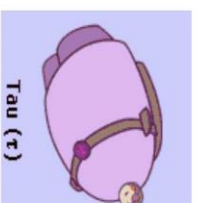
Força forte



Pontuação: 2

A força forte segura os quarks grudados para formar hádrons; então, suas partículas transportadoras são caprichosamente chamadas de Glúons.

Tau



Pontuação: 1

Tem carga negativa e é o lépton mais massivo. Tem massa 300 vezes maior que o elétron. E é 16 vezes maior que o múon.

Neutrino do Tau



Pontuação: 1

Foi o último a ser descoberto.

Elétron



Pontuação: 1

Com carga negativa é o lépton mais conhecido. E o que possui menor massa.

Neutrino do Elétron



Pontuação: 1

Foi o primeiro neutrino descoberto.

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

Quark up



Pontuação: 1

O Quark up é uma partícula elementar que compõem prótons e nêutrons.

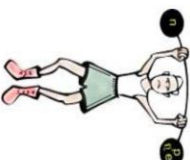
Quark down



Pontuação: 1

O Quark down é uma partícula elementar que compõem prótons e nêutrons.

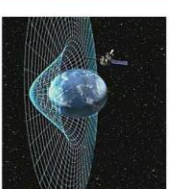
Força fraca



Pontuação: 2

São as responsáveis pelo decaimento de quarks e léptons pesados em quarks e léptons mais leves.

Gravidade



Pontuação: 2

A gravidade é estranha. É claramente uma das interações fundamentais, mas o Modelo Padrão não consegue explicá-la satisfatoriamente

Elétron



Pontuação: 1

Com carga negativa é o lépton mais conhecido. E o que possui menor massa.

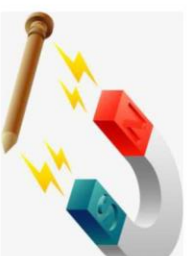
Neutrino do Elétron



Pontuação: 1

Foi o primeiro neutrino descoberto.

Força magnética



Pontuação: 2

A força eletromagnética faz com que objetos com cargas opostas se atraiam e objetos com cargas iguais venham a se repelir.

Força forte



Pontuação: 2

A força forte segura os quarks grudados para formar hádrons; então, suas partículas transportadoras são caprichosamente chamadas de Glúons.

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

Múon



Pontuação: 1

Também tem carga negativa e é 200 vezes mais massivo que o elétron.

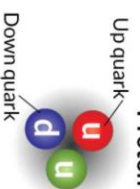
Neutrino do Múon



Pontuação: 1

Foi o segundo neutrino descoberto.

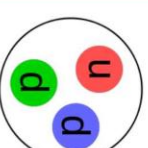
Proton



Pontuação: 3

O próton não é uma partícula elementar pois pode ser dividida em outras três partículas ainda menores que são: dois quarks up e um quark down.

Néutron



Pontuação: 3

O nêutron não é uma partícula elementar pois pode ser dividida em outras três partículas ainda menores que são: dois quarks down e um quark up.

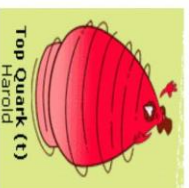
Quark charm



Pontuação: 1

O quark charm é da segunda geração.

Quark top



Pontuação: 1

É o mais pesado e tem o tempo de vida mais breve.

Quark estranho



Pontuação: 1

Foi prevista para ter um tempo de vida bem menor do que foi encontrado. Por isso tem esse nome.

Quark Botton



Pontuação: 1

É o segundo mais pesado e são formadores de mésons.

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

FORÇAS
E
PARTÍCULAS

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

1

Dois filósofos gregos Demócrito e Leucipo que, em meados de 450 a.C., levantaram a hipótese de que tudo seria formado por pequenas partículas indivisíveis conhecida como:

- a) Partículas elementares
- b) Átomo
- c) Prótons

Resposta: B

2

O químico inglês John Dalton (1766-1844) retomou as ideias de Leucipo e Demócrito e, baseando-se em leis já comprovadas experimentalmente. Ele considerava o átomo como uma:

- a) Bola de bilhar
- b) Pudim de passas
- c) Modelo planetária

Resposta: A

3

Quais características Dalton descreviam os átomos:

- a) Esférica, maciça e indivisível.
- b) Um núcleo cercado da eletrosfera
- c) Um núcleo cercado da eletrosfera

Resposta: A

4

Em 1897, o físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940) passou a trabalhar com a ampola de Crookes. E estabeleceu um modelo atômico que ficou conhecido como:

- a) Pudim de passas
- b) Modelo planetária
- c) Bola de bilhar

Resposta: A

5

Para o modelo de Thomson quais eram as características do átomo:

- a) Esférica, maciça e indivisível.
- b) Uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça incrustada de elétrons.
- c) Um núcleo cercado da eletrosfera

Resposta: B

6

Em 1911, o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) realizou um experimento e com isso estabeleceu um novo modelo atômico que ficou conhecido pela semelhança com:

- a) Bola de bilhar
- b) Pudim de passas
- c) Sistema solar

Resposta: C

7

O modelo de Ernest Rutherford acreditava que:

- a) O núcleo é composto por partícula positivas e com cargas negativas circulando em volta.
- b) Esférica, maciça e indivisível.
- c) Um núcleo cercado da eletrosfera

Resposta: A

8

Em 1904, Rutherford descobriu que na verdade o núcleo era composto por partículas positivas denominadas:

- a) Prótons
- b) Elétrons
- c) Tau

Resposta: A

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

9

Em 1932, Chadwick descobriu que havia também partículas neutras no núcleo que ajudavam a diminuir a repulsão entre os prótons. Essas partículas ficaram conhecidas como:

- g) Prótons
- h) Elétrons
- i) Nêutrons

Resposta: C

10

O estudo dos espectros eletromagnéticos dos elementos pelo físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) permitiu adicionar algumas observações ao modelo de Rutherford como, por exemplo:

- a) Camadas eletrônicas
- b) Existência de elétrons
- c) Existência de prótons

Resposta: A

11

O modelo atômico mais aceito atualmente é:

- a) Dalton
- b) Bohr
- c) Quântico

Resposta: c

12

O modelo de Bohr-Rutherford ficou mais conhecido como:

- a) Bola de bilhar
- b) Pudim de passas
- c) Sistema planetário

Resposta: c

13

Para o modelo proposto por Ernest Rutherford o elétrons circula em torno do núcleo no (a):

- a) Vácuo
- b) Eletrosfera
- c) Camadas

Resposta: B

14

Desde 1930, a partir de diversas pesquisas e descobertas científicas, os físicos concluíram que a estrutura de toda a matéria conhecida é formada por:

- a) Prótons, elétrons e nêutrons.
- b) Partículas fundamentais
- c) Partículas Desconhecidas

Resposta: B

15

O chamado Modelo Padrão das partículas elementares, contrariando o próprio nome, não é propriamente um modelo e sim um (a):

- a) Teoria
- b) Palpite
- c) Estudo

Resposta: A

16

O modelo padrão incorpora todas as **partículas subatômicas** conhecidas e sua adição mais recente ocorreu em 2012, com a confirmação experimental da existência do:

- a) Bóson de Higgs
- b) Tau
- c) Charmoso

Resposta: A

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

17

Joseph John Thomson em 30 de abril de 1905, no Laboratório Cavendish da Universidade de Cambridge (Inglaterra), enquanto estudava o comportamento dos raios catódicos. Influenciado pelo trabalho do físico escocês James Clerk Maxwell descobriu qual partícula?

- a) Elétron
- b) Próton
- c) Neutrino

Resposta: A

21

Em 1905 o físico alemão Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico usando a hipótese que a luz é formada por pacotes de energia que hoje recebe o nome de:

- a) Elétrons
- b) Prótons
- c) Fótons

Resposta: C

18

Mas em 1956, os norte-americanos Frederick Reines e Clyde Cowan detectaram realmente pela primeira vez uma partícula que rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1995 junto a seu compatriota Martin Lewis Perl. Que partícula foi essa?

- a) Neutrino
- b) Léptons
- c) Quarks

Resposta: A

23

Graças ao CERN (A organização europeia para a pesquisa nuclear) e a vários outros colaboradores foi possível no final da década de 1980 a invenção da:

- a) Internet
- b) Televisão
- c) Computadores

Resposta: A

22

A organização Europeia para a Pesquisa Nuclear conhecida como CERN é o maior laboratório de:

- a) Física das partículas
- b) Tecnologia
- c) Cosmologia

Resposta: A

19

Em 1932, Chadwick descobriu que havia também partículas neutras no núcleo que ajudavam a diminuir a repulsão entre os prótons. Essas partículas ficaram conhecidas como:

- a) Prótons
- b) Elétrons
- c) Nêutrons

Resposta: C

24

Em 1932, Chadwick descobriu que havia também partículas neutras no núcleo que ajudavam a diminuir a repulsão entre os prótons. Essas partículas ficaram conhecidas como:

- d) Prótons
- e) Elétrons
- f) Nêutrons

Resposta: C

20

Foi descoberto em 1995 depois de ter sido previsto teoricamente por 20 anos o quark mais difícil de ser encontrado. Como ele ficou conhecido?

- a) Quark top
- b) Quark Down
- c) Quark up

Resposta: A

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

HISTÓRIA
DA
CIÊNCIA

1

Quais das alternativas que possui apenas partículas fundamentais da matéria?

- a) Neutrino, próton e elétron.
- b) Neutron, próton e elétron.
- c) Tau, elétron e neutrino.

Resposta: c

2

Segundo o modelo padrão, para cada partícula elementar existe uma antipartícula com a mesma massa e sinais contrários. A antipartícula do elétron é o:

- a) Próton
- b) Neutrino
- c) Pósitron

Resposta: C

3

Prótons e nêutrons são:

- a) Partículas elementares
- b) As menores partículas conhecidas
- c) Constituintes do núcleo atômico

Resposta: C

4

Segundo o modelo padrão existem no universo quantos tipos de partículas fundamentais e quais são elas?

- a) 6 léptons, 6 quarks e partículas de força.
- b) 10 léptons, 12 quarks e partículas de força
- c) 100 léptons, 20 quarks e partículas de força.

Resposta: A

5

Um próton não é uma partícula elementar, visto que ela é composta por três partículas ainda menores conhecidas por quarks. Eles são denominados:

- a) Up,up,down
- b) Top,up,down
- c) Charmoso,down,top

Resposta: A

6

Partículas compostas por quarks são denominadas:

- a) Prótons
- b) Núcleo
- c) Hádrons

Resposta: c

7

Os quarks são um dos dois elementos básicos que formarão a matéria e é a única partícula que vai interagir por meio de todas as quatro forças fundamentais. Existem quantos quarks conhecido?

- a) 8
- b) 7
- c) 6

Resposta: c

8

Quais das alternativas que só existem tipos de quarks?

- a) Elétron, up, próton
- b) Próton, top, down
- c) charmoso, estranho, top

Resposta c

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

17

Qual é a interação (força) que consegue manter os prótons e os nêutrons confinados no núcleo?

- a) Eletromagnética
- b) Gravitacional
- c) Nuclear forte

Resposta: c

18

Qual é a partícula transportadora da força eletromagnética?

- a) Fóton
- b) Próton
- c) Nêutron

Resposta: A

19

Qual é a interação é responsável pelo decaimento de quarks e léptons pesados em quarks e léptons leves?

- a) Interação forte
- b) Interação fraca
- c) Gravidade

Resposta B

20

Para o modelo padrão três quarks unidos pela ação da partícula mediadora formam prótons e nêutrons que ficam confinados em uma pequena região que é o núcleo atômico. Qual é o nome da partícula citada acima?

- a) gravidade
- b) interação fraca
- c) glúon

Resposta C

21

As partículas transportadoras das interações fracas são as partículas:

- a) Próton, nêutron e elétrons
- b) W^+ , W^- e Z
- c) Top, charmoso e neutrino

Resposta: B

22

A gravidade ainda é um mistério e é claramente uma força, mas o modelo padrão não consegue explicá-la.

Além disso a partícula que ainda não foi encontrada mas já tem um nome que é:

- a) Gráviton
- b) Glúon
- c) Charmoso

Resposta: c

23

Um átomo é composto por:

- a) Apenas por Prótons, elétrons e nêutrons.
- b) Léptons e quarks.
- c) Partícula alfa e beta.

resposta B

24

O que são elétrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica negativa.
- c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.

resposta A

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

16

A notação genérica para antipartículas consiste em escrever o símbolo da partícula e acrescentar uma barra superior. Uma notação adequada para representar a antipartícula do elétron é:

- a) e
- b) p
- c) x

Resposta A

15

A notação genérica para antipartículas consiste em escrever o símbolo da partícula e acrescentar uma barra superior. Uma notação adequada para representar a antipartícula do próton é:

- a) e
- b) p
- c) x

Resposta B

14

De acordo com o modelo padrão todos os Hádrons são compostos por partículas menores que podem ser realmente consideradas partículas elementares. Estas partículas são:

- a) Quarks
- b) Elétrons
- c) Léptons

Resposta: A

13

Segundo o modelo padrão as partículas interagem através das partículas de interação também conhecida como força. Quantas existem?

- A) 6
- B) 8
- c) 4

Resposta c

9

A palavra "Léptons" vem do grego "leve", pois são as partículas subatômicas que não ficam no núcleo do átomo e podem viajar por conta própria. Existem quantos tipos de léptons?

- a) 6
- b) 8
- c) 10

Resposta A

10

Quais das alternativas que possui apenas tipos de léptons?

- a) Neutrino, próton e elétron
- b) Elétron, Tau, Neutrino
- c) Up, down, elétron

Resposta B

11

Quais tipos de léptons que não possuem carga, tem massa pequena e são difíceis de serem encontrados?

- a) Tau
- b) Neutrino
- c) Múon

Resposta B

12

O nêutron não é uma partícula elementar, visto que é constituído por partículas ainda menores conhecida por três quarks são esses:

- a) down, down, up
- b) top, bottom, up
- c) charmoso, estranho, top

resposta A

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

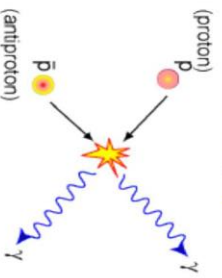
PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

PARTÍCULAS
SUBATÔMICAS

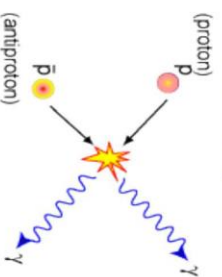
i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um **POSITRON**, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de próton**.

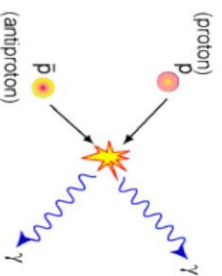
i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um **POSITRON**, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de próton**.

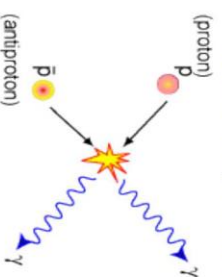
i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um **POSITRON**, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de próton**.

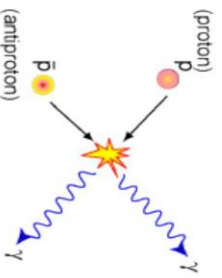
i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um **POSITRON**, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de próton**.

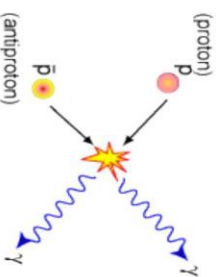
i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um **POSITRON**, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de próton**.

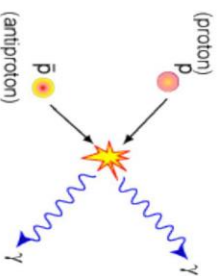
i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um **POSITRON**, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de próton**.

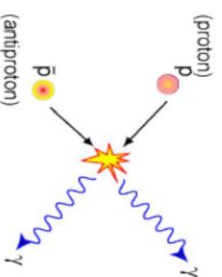
i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um **POSITRON**, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de próton**.

i. Proton - Antiproton Annihilation



Você acabou de encontrar com um **POSITRON**, que é um próton só que com carga negativa. Quando colide com um próton com carga positiva se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de próton**.

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA



Você acabou de encontrar com um Anti Up, que é a Antimatéria do up. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de UP.**



Você acabou de encontrar com um Anti Down, que é a Antimatéria do Down. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de DOWN.**



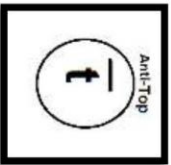
Você acabou de encontrar com um Anti Charm, que é a Antimatéria do charm. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de CHARM.**



Você acabou de encontrar com um Anti Bottom, que é a Antimatéria do bottom. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de BOTTOM.**



Você acabou de encontrar com um Anti Top, que é a Antimatéria do top. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de TOP.**



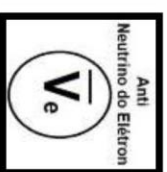
Você acabou de encontrar com um Anti Strange, que é a Antimatéria do Strange. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de STRANGE.**



Você acabou de encontrar com um Anti elétron, que é a Antimatéria do elétron. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula de ELÉTRON.**



Você acabou de encontrar com um Anti Neutrino do Elétron, que é a Antimatéria do Neutrino do Elétron. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma **partícula DE NEUTRINO DO ELÉTRON.**

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA

ANTIMATÉRIA



Você acabou de encontrar com um Anti Múon, que é a Antimatéria do Múon. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma partícula de MÚON.



Você acabou de encontrar com um Anti Tau, que é a Antimatéria do Tau. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma partícula de TAU.



Você acabou de encontrar com um Anti Neutrino do múon, que é a Antimatéria do Neutrino do múon. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma partícula de NEUTRINO DO MÚON.



Você acabou de encontrar com um Anti Neutrino do Tau, que é a Antimatéria Neutrino do Tau. Quando eles se chocam se destroem liberando energia.

Por isso acaba de **PERDER** uma partícula de NEUTRINO DO TAU



28

27

26

25



01

02

03

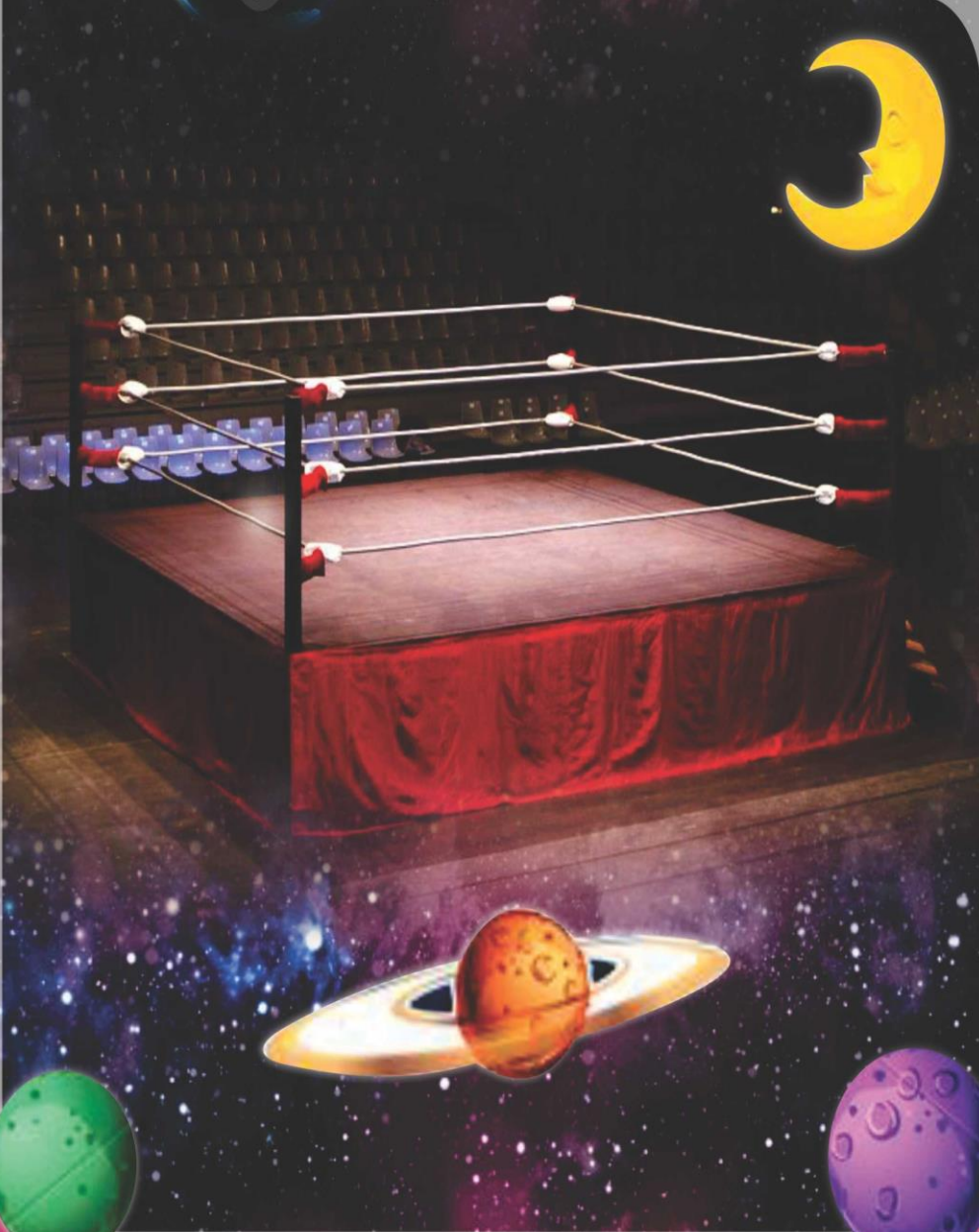
04

05



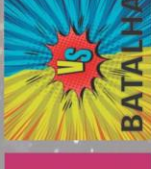
07

08



23

22



20

19

18

17

16

09

10



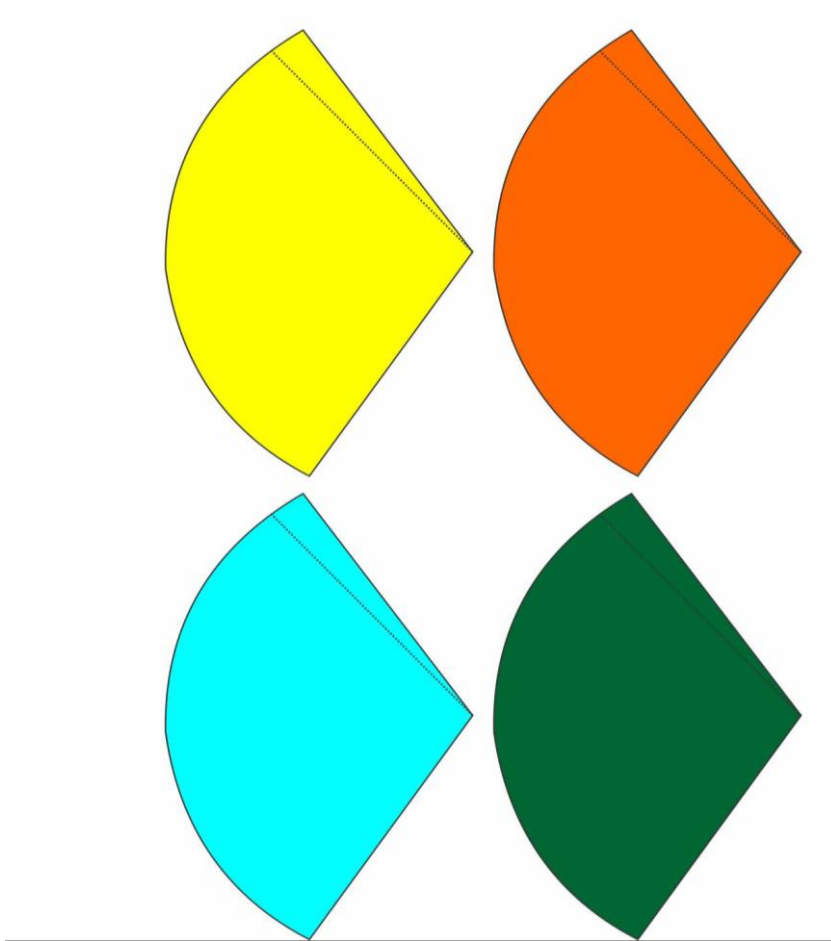
12

13

14

15

Cones





ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO E DA CULTURA
ESCOLA ESTADUAL JOÃO TIBÚRCIO – ENSINO MÉDIO
RUA JOÃO TIBURCIO, 360 – ESTAÇÃO – GOIANINHA - RN
E-mail: eejt_goianinha_rn@hotmail.com Site: www.joaotiburcio.com

**ESCOLA ESTADUAL JOÃO TIBURCIO
ENSINO MÉDIO**

Rua João Tibúrcio, nº 360 - Goianinha/RN
CEP: 59.173-000 - CNPJ: 01.836.320/0001-49
E-mail: eejt_goianinha_rn@hotmail.com
Criação: Lei Municipal nº 25 de 13/02/1976
Autorização: Portaria 441-SEEC de 25/04/1978
Reconhecimento Portaria 491-SEEC de 20/05/1982
Estatização: Decreto 12.298/94 de 21/08/1994

AUTORIZAÇÃO

Autorizo **Vanessa Cristina da Silva**, a aplicar a pesquisa neste Estabelecimento de Ensino, intitulada: Conhecendo as Patricias subatômicas. Viajando ao invisível. Sob a orientação do Professor Dr. Alexandre Pereira Lima do departamento de ECT da UFRN, dentro do mestrado Profissional em Ensino de Física.

CARLOS EDUARDO T. DE LIMA
VICE DIRETOR
AUT: 05/19

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu, _____, portador da Cédula de Identidade nº _____, inscrito no CPF sob nº _____, residente à Rua _____, nº _____, na cidade de _____, AUTORIZO o uso de minha imagem (ou do menor _____ sob minha responsabilidade) em fotos, filme e gravações, sem finalidade comercial, para ser utilizada na dissertação: “Conhecendo as partículas subatômicas através de um jogo educacional: viajando ao invisível” com o objetivo de verificar a validade do jogo de tabuleiro que apresenta a teria do modelo padrão, no ensino médio, da Escola Estadual João Tibúrcio. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso da imagem acima mencionada em todo território nacional e no exterior, em todas as suas modalidades e, em destaque, das seguintes formas: (I) home Page; (II) cartazes; (III) divulgação em geral. Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à minha imagem ou a qualquer outro.

Goianinha, ____ de _____ de 2018.