

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Ricardo Beal

**DA DESCOBERTA DO NÚCLEO AO BÓSON DE HIGGS: uma  
introdução ao Modelo Padrão de Partículas Elementares com  
atividades virtuais**

Produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina 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: Prof. Dr. Daniel Almeida Fagundes  
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Rafael Segundo

Blumenau  
Março 2018

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES .....</b>	<b>4</b>
2.1	OBJETIVO .....	4
2.2	PLANOS DE AULA .....	5
2.3	QUESTIONÁRIOS DE CONHECIMENTO PRÉVIO E QUESTIONÁRIO AVALIAÇÃO FINAL .....	19
2.4	ATIVIDADES EXPLORATÓRIAS: ROTEIRO DE AVALIAÇÃO .....	24
2.5	VISITA VIRTUAL AO CMS: ROTEIRO DE AVALIAÇÃO .....	26
2.6	PROCEDIMENTOS AVALIATIVOS: REGRAS E CRITÉRIOS .....	27
2.7	NOTAL FINAL .....	28
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>30</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é resultado de uma pesquisa desenvolvida durante o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Blumenau, curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Nele apresentamos uma contribuição para o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio, levantando informações sobre a inserção da Física de Partículas Elementares (FPE) e o Modelo Padrão (MP) neste nível a partir de uma proposta de ensino interativo com atividades virtuais, exercícios, vídeos, simulações e uma visita virtual ao experimento Compact Muon Solenoid (CMS) e do Large Hadron Collider (LHC).

Assim, o presente conteúdo traz uma abordagem da FPE a partir da contextualização com bases teórico-experimentais de importância histórica, que culminaram no desenvolvimento da Física Atômica e Nuclear e, em última análise, no desenvolvimento do MP. Entendemos que as atividades virtuais aqui propostas, sejam elas simulações (exploradas com roteiros exploratórios específicos) ou a visita virtual ao CMS podem contribuir de maneira substancial para uma abordagem introdutória, porém contextualizada com os experimentos (reais e virtuais), a uma área de grande relevância para a Física Contemporânea.

Diante do exposto, este produto educacional trará nas suas seções seguintes materiais instrucionais, planos de aulas, questionários para aplicação, atividades exploratórias, roteiro para agendamento e programação da visita virtual aos CMS, bem como procedimentos avaliativos e atribuição de nota para as atividades propostas, proporcionado ao professor uma compreensão ampla de todas as etapas executadas no projeto de mestrado, além de fornecer os elementos essenciais para a aplicação desse produto educacional, visando a introdução da FPE a turmas da 3<sup>a</sup> do ensino médio.

## **2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES**

A sequência interativa aqui proposta em formato de aulas tem duração média de 10h/aula e não menos que 6h/aula, visto ser importante ter uma explanação concisa e clara do conteúdo abordado, proporcionando o conhecimento aluno essencial sobre o tema e as diretrizes que irão nortear toda sequência.

Para tanto, na aplicação desta sequência didática, serão apresentados: 1) questionário de conhecimento prévio; 2) relação das atividades interativas para a separação dos alunos em equipe; 3) identificação das simulações utilizadas pelo site Phet; 4) agendamento, realização da visita virtual ao CMS do LHC e 5) avaliação final, com atribuição de notas.

Desta forma, entendemos que este produto educacional possa ser aplicado em qualquer instituição de ensino, sendo necessário apenas acesso a internet para realização das atividades exploratórias e da visita virtual.

### **2.1 OBJETIVO**

Este produto educacional tem como objetivo central proporcionar tanto ao educador quanto ao aluno contato com a Física de Partículas Elementares utilizando atividades exploratórias, que estimulem o aprendizado significativo, a curiosidade, a criatividade e a interação entre alunos e entre docente-aluno num processo investigativo de construção do conhecimento.

### **2.2 PLANOS DE AULA**

Na sequência, cada plano de aula trará um tema central a ser abordado em sala de aula, com objetivos de aprendizagem, procedimentos e recursos didáticos, além de links para textos complementares de apoio para o professor.

## PLANOS DE AULA<sup>1</sup>

### IDENTIFICAÇÃO GERAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Disciplina: Física.

Turma a ser aplicada: 3º ano do Ensino Médio.

Número de aulas: Mínimo 6 aulas, máximo 10 aulas com duração de 45 minutos cada

### IDENTIFICAÇÃO AULA 1

#### SABERES

Levantamento das concepções prévias dos alunos sobre o tema, além de abordar as atividades gamificadas

A sequência didática fará uso da teoria da gamificação como estratégia de ensino, visto que se trata de uma forma de flexibilizar, engajar e gerar mudanças positivas de comportamento do aluno, estando voltada para aprendizagem de determinados conteúdos escolares.

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O aluno deverá ser capaz de:

- 1) Demonstrar suas concepções prévias sobre partículas elementares e sobre o LHC;
- 2) Demonstrar suas ferramentas de pesquisa e utilização das ferramentas computacionais;
- 3) Conhecer as regras e benefícios ao realizar todas as atividades extras.

#### PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

**1ª aula (45 min): Concepções prévias e atividades Gamificadas.**

**1º Momento (25 min): realização da pré-avaliação através que questionário previamente impresso para os alunos.**

- a) Professor deverá entregar a cada aluno o questionário, que pode ser visualizado no item 2.3 deste produto. Para melhor avaliação prévia, sugere-se que as respostas sejam individuais e que não façam parte do processo de avaliação, uma vez que se trata de um instrumento para levantar o grau de conhecimento sobre o assunto.

**2º Momento (20 min): Apresentação das regras das atividades extras que fazem parte da gameificação.**

<sup>1</sup> Disponíveis para download no link:

<https://drive.google.com/open?id=18FwCT6CCwmZyadpT6DqFBkkOdWS415ft>

- |  |
|--|
| <p>a) Neste momento o professor deverá explicar como serão as atividades extras presentes nas atividades solicitadas aos alunos;</p> <p>b) Explicar como será composta a nota final de cada aluno e a importância de toda equipe conseguir um bom resultado na avaliação final;</p> <p>c) Mostrar e explicar tanto a tabela de benefícios como as regras das atividades gamificadas.</p> |
|--|

### **RECURSOS DIDÁTICOS**

Levar o material impresso da pré-avaliação disponível no Anexo 1; Regras e tabelas de pontuação presentes no Anexo 2  
Data show.

### **MATERIAL COMPLEMENTAR PARA O PROFESSOR**

**Anexo 1: modelo de questionário para download**

<https://drive.google.com/open?id=1ooAUk6YVWDYq2jP-Dc0Egt23eNbUKXO>

**Anexo 2: modelo de tabelas e benefícios**

<https://drive.google.com/open?id=1p85YQit6AY0RrY3od-rj0Bt6rh8WrkT0g>

**Sugestão de leitura**

ALVES, Flora. **Gamification**: como criar experiências de aprendizagem engajadoras. 2ª Ed. DVS Editora. 2015

## **IDENTIFICAÇÃO AULA 2**

### **SABERES**

Trabalhar em equipe, usar ferramentas tecnológicas no desenvolvimento das atividades, identificar partículas pertencentes ao mesmo grupo.

### **OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM**

O aluno deverá ser capaz de:

- 1) Conhecer e identificar características semelhantes entre grupos de partículas, elementares e compostas (bárions e mésons), e detectores e experimentos do LHC;
- 2) Formar suas equipes e definir os nomes dos grupos.

### **PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS**

**1ª aula (45 min): Formação e avaliação das equipes.**

**1º Momento (25 min): Divisão das equipes de acordo com as características da partícula sorteada.**

- Por sorteio cada aluno irá retirar um papel com o nome de um experimento do LHC ou de uma partícula, elementar ou não.
- Professor deverá informar a quantidade de grupos que serão formados e o número de elementos que cada grupo terá.
- Importante lembrar aos alunos que não é possível elementos repetidos no mesmo grupo.
- Neste momento os alunos poderão fazer pesquisa em qualquer material ou instrumento de pesquisa, inclusive celular, tablet, computador.
- Professor deverá informar sobre a atividade extra, gamificada, que se refere a uma arguição sobre as principais características do seu grupo.

**2º Momento (20 min): Avaliação da formação das equipes.**

- Professor deverá solicitar aos alunos que se reúnam em seus grupos, chamando um grupo por vez, para que cada aluno leia a partícula/experimento do LHC, verificando se a formação está correta.

**ATIVIDADE GAMIFICADA – ATIVIDADE EXTRA**

Para os grupos que optarem por fazer a atividade extra o professor deverá atribuir uma pontuação de 0XP a um máximo de 20XP, para a arguição referente as características do grupo

**RECURSOS DIDÁTICOS**

Levar o material impresso da tabela com o grupo de partículas compostas e seus respectivos elementos;

Data show.

**MATERIAL COMPLEMENTAR PARA O PROFESSOR**

**Anexo 1: Tabela com o grupo de partículas compostas e seus respectivos elementos, a partir da qual a definição e grupos**  
<https://drive.google.com/open?id=1jm2DeyVjbTAtTcmMuNRUaRywtVzRcYbv>

**Sugestão de leitura:**

Capitulo 1 – Historical Introduction to the Elementary Partivles  
 GRIFFITHS, David. **Introduction to elementary particles**, Reed College.2004.

MOREIRA, Marco Antônio. **O modelo padrão da física de partículas**. Revista brasileira de ensino de física, RS, v.03, nº01, 2009

<b>IDENTIFICAÇÃO AULA 3</b>
<b>SABERES</b>
Estrutura elementar da matéria, Modelo Padrão das Partículas Elementares, bósons mediadores, léptons e quarks
<p>Por meio de aula expositiva e interativa o professor abordará conceitos sobre o modelo padrão e as partículas elementares, de modo a despertar a curiosidade sobre o tema.</p> <p>Destaca-se o link da página do CERN (<a href="https://home.cern/">https://home.cern/</a>)<sup>2</sup>, que na atualidade oferece alguns subsídios científicos e didáticos interativos para compreensão da física de partículas, no qual os docentes e discentes podem conhecer, por exemplo, o mecanismo de operação do Large Hadron Collider (LHC).</p>
<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM</b>
<p>O aluno deverá ser capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Compreender o que conhecemos hoje sobre estrutura elementar.</li> <li>2) Reconhecer partículas elementares e compostas;</li> <li>3) Diferenciar léptons, quarks, bósons mediadores e bóson de Higgs</li> </ol>
<b>PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS</b>
<b>1ª aula (45 min): Apresentar o Modelo Padrão das Partículas elementares através de uma construção histórica</b>
<p><b>1º Momento (5 min): O que é elementar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Como introdução o professor deverá discutir brevemente o que é ou não elementar. Apresentar a primeira partícula realmente elementar.</li> </ol> <p><b>2º Momento (5 min): Importância do campo elétrico e magnético no estudo das partículas subatômicas.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Neste momento o professor deverá explicar como o campo elétrico e magnético auxilia na definição das cargas das</li> </ol>

<sup>2</sup> Alguns links sugeridos para conhecimento:  
<http://beamline-for-schools.web.cern.ch/>.  
<https://home.cern/about/experiments/alice>.  
<https://home.cern/about/experiments/cms>

partículas e como são usados em experimentos com os do LHC para curvar e acelerar feixes de partículas (prótons e íons pesados)

**3º Momento (5 min): Principais características do Elétron e do Fóton enquanto partículas elementares**

- a) Definir as principais características do elétron;
- b) Definir a massa das partículas em  $eV/c^2$ .
- c) Identificação do fóton como o quantum da radiação eletromagnética e como partícula mediadora da interação eletromagnética.

**4º Momento (10 min): Interações e suas partículas mediadoras.**

- a) Neste momento o professor deve apresentar aos alunos as quatro interações fundamentais, introduzindo aos alunos suas respectivas partículas mediadoras.
- b) Usar como exemplo o fóton e a interação eletromagnética, como uma interação mediada pela troca de fótons.
- c) Ressaltar aos alunos que a interação gravitacional não é explicada pelo Modelo Padrão e sua partícula mediadora o gráviton, até hoje nunca foi observada.

**5º Momento (5 min): Antipartículas**

- a) Mostrar aos alunos como as antipartículas foram previstas, antes mesmo de serem descobertas.
- b) Mostrar a importância histórica da física de raios cósmicos no estudo das partículas elementares.
- c) Ressaltar aos alunos que todas as partículas têm sua respectiva antipartícula.

**6º Momento (15 min): Neutrinos e o Múon.**

- a) Mostrar a importância do decaimento beta na previsão do neutrino.
- b) Dificuldades na detecção de um neutrino.
- c) Mostrar como a procura pela partícula de Yukawa resultou na descoberta do múon.
- d) Descoberta do Neutrino do Múon.

**RECURSOS DIDÁTICOS**

Data show, quadro e canetão.

**MATERIAL COMPLEMENTAR PARA O PROFESSOR**

**Anexo 1: Link para download da apresentação da aula expositiva**

[https://drive.google.com/open?id=16Y0U4EP\\_HxEjaQLbpfXdNi6r9I3pPy8r](https://drive.google.com/open?id=16Y0U4EP_HxEjaQLbpfXdNi6r9I3pPy8r)

### Sugestões de leitura

ABDALLA, Maria Cristina Batoni. **O discreto charme das partículas elementares**. Ed. Unesp. 2006. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/charme.pdf>

ROSENFELD, Rogerio. **O cerne da matéria**: a aventura científica que levou à descoberta do bóson de Higgs. Ed. Companhia das Letras. 2016.

RÉ, Ricardo Luís. **Física de partículas na Escola, um jogo educacional**. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 2016

<b>IDENTIFICAÇÃO AULA 4</b>
<b>SABERES</b>
Estrutura elementar da matéria, Modelo Padrão das Partículas elementares, bósons mediadores, léptons e quarks
<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM</b>
O aluno deverá ser capaz de: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Compreender o que conhecemos hoje sobre estrutura elementar.</li> <li>2) Reconhecer partículas elementares e compostas;</li> <li>3) Diferenciar léptons, quarks, bósons mediadores e bóson de Higgs</li> </ol>
<b>PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS</b>
<b>1ª aula (45 min): Descobertas da década de 50 que levaram à hipótese dos quarks</b>
<p><b>1º Momento (5 min): Revisão</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Fazer uma pequena recapitulação sobre os principais pontos estudados na aula passada.</li> <li>b) Mesmo sendo as aulas 3 e 4 no mesmo dia é interessante fazer essa recapitulação.</li> </ol> <p><b>2º Momento (5 min): Inúmeras descobertas de partículas.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Neste momento o professor deverá mostrar aos alunos como um grande número de partículas descobertas contribuiu para a formulação da hipótese dos quarks.</li> </ol> <p><b>3º Momento (5 min): Novas leis de conservação necessárias.</b></p>

- a) Ressaltar aos alunos que além das já conhecidas leis de conservação, já usadas na física clássica, essas novas partículas surgem com novas leis de conservação.

**4º Momento (10 min): Conservação da estranheza e do Número de Léptons.**

- a) Mostrar com exemplos como essas leis de conservação ocorrem.
- b) Mostrar no decaimento beta como a lei de conservação do número de léptons explica a emissão de um antineutrino do elétron.

**5º Momento (15 min): Quarks**

- a) Os três quarks fundamentais e suas características.
- b) Bárions e mésons formados por quarks.
- c) Confinamento dos quarks.
- d) Princípio de exclusão de Pauli e o bárion  $\Omega$ .
- e) A carga cor dos quarks.
- f) Busca por simetria que levou a previsão e à posterior descoberta do quark Charm

**6º Momento (5 min): Unificação das interações eletromagnética e fraca-**

- a) Retomar o assunto sobre interações e seus bósons mediadores.
- b) Confirmação dos bósons mediadores (W e Z) no CERN.

**RECURSOS DIDÁTICOS**

Data show, quadro e canetão

**MATERIAL COMPLEMENTAR PARA O PROFESSOR**

**Anexo 1: Apresentação**

[https://drive.google.com/open?id=16Y0U4EP\\_HxEjaQLbpfXdNi6r9I3pPy8r](https://drive.google.com/open?id=16Y0U4EP_HxEjaQLbpfXdNi6r9I3pPy8r)

**Sugestões de leitura**

GILMORE, Robert. **O mágico dos Quarks**. Ed. Zahar. 2002 **2**:

MOREIRA, Marco Antônio. **A física dos quarks e a epistemologia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 161-173, (2007)

OSTERMANN, Fernanda. **Partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio de física: uma experiência a**

partir do estágio de um aluno de prática de ensino de física. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Porto Alegre. RS, 1999.

<b>IDENTIFICAÇÃO AULA 5</b>
<b>SABERES</b>
Estrutura elementar da matéria, Modelo Padrão das Partículas elementares, bósons mediadores, léptons e quarks
<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM</b>
O aluno deverá ser capaz de: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Compreender o que conhecemos hoje sobre estrutura elementar.</li> <li>2) Reconhecer partículas elementares e compostas;</li> <li>3) Diferenciar léptons, quarks, bósons mediadores e o bóson de Higgs</li> </ol>
<b>PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS</b>
<b>1ª aula (45 min): Carga cor e representação esquemática do Modelo Padrão de Partículas Elementares.</b>
<p><b>1º Momento (5 min): Revisão</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Fazer uma pequena recapitulação sobre os principais pontos estudados na aula passada.</li> <li>b) Mesmo sendo as aulas 3 e 4 no mesmo dia é interessante fazer essa recapitulação.</li> </ol> <p><b>2º Momento (10 min): Carga Cor.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Neste momento é importante que o professor reforce a interpretação da cor como uma carga.</li> <li>b) A carga de cor enquanto a carga das interações fortes</li> </ol> <p><b>3º Momento (5 min): Partícula Tau e a terceira geração de Léptons</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Descoberta deste novo lépton, deixando a esperança de um novo neutrino.</li> <li>b) Simetria aponta a possibilidade de mais dois quarks.</li> </ol> <p><b>4º Momento (10 min): Quarks e a representação esquemática do Modelo Padrão de Partículas elementares.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Mostrar que a busca pela simetria resultou na descoberta dos quarks Top e bottom.</li> <li>b) Mostrar como fica a representação do Modelo Padrão de Partículas elementares com os Quarks, Léptons, bósons mediadores e bóson de Higgs</li> </ol>

<p><b>5º Momento (25 min): Bóson de Higgs</b></p> <p>a) Mostrar o vídeo do youtube, “SP Pesquisa – Bóson de Higgs – 1º Bloco”.</p> <p>b) Abrir para discussão, perguntas e debate.</p>
<b>RECURSOS DIDÁTICOS</b>
Data show, quadro e canetão.
<b>MATERIAL COMPLEMENTAR PARA O PROFESSOR</b>
<p><b>Anexo 1: Link para download da apresentação</b>  <a href="https://drive.google.com/open?id=16Y0U4EP_HxEjaQLbpfXdNi6r9I3pPy8r">https://drive.google.com/open?id=16Y0U4EP_HxEjaQLbpfXdNi6r9I3pPy8r</a></p> <p><b>Anexo 2: Link do vídeo sobre Bóson de Higgs</b>  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Zmod7jO3xo4">https://www.youtube.com/watch?v=Zmod7jO3xo4</a></p> <p><b>Sugestão de leitura</b>          BALTHAZAR, Wagner Franklin. <b>Partículas Elementares no Ensino Médio</b>: uma abordagem a partir do LHC. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis (IFRJ). 2010</p> <p>ROSENFELD, Rogério. <b>O CERN da matéria</b>: a aventura científica que levou à descoberta do bóson de Higgs. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.</p>

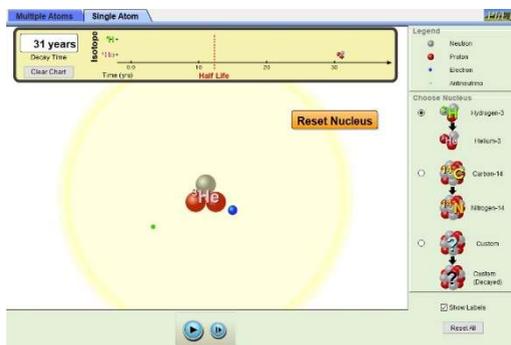
<b>IDENTIFICAÇÃO AULA 6</b>
<b>SABERES</b>
<p>Trabalhar em equipe, usar ferramentas tecnológicas no desenvolvimento das atividades, reconhecer partículas elementares e compostas.</p> <p>Ao acessar o site de simulações Phet (<a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/about">https://phet.colorado.edu/pt_BR/about</a>), o professor tem uma gama de simulações disponíveis. O objetivo de cada proposta de simulação é permitir que o aluno, relacione o conteúdo com imagem e experimentar a tecnologia como ferramenta de conhecimento.</p> <p>Para este projeto foram utilizados o espalhamento de Rutherford e Decaimento Beta de núcleo de trítio, demonstradas respectivamente, nas figuras abaixo.</p>

Figura 1: Representação visual da simulação Espalhamento Rutherford, na qual apresenta o espalhamento de partículas alfa por um núcleo de ouro no Modelo de Rutherford (átomo nuclear).



Fonte: disponível em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Visualizado em: janeiro 2018

Figura 2: Representação visual da simulação do decaimento beta de núcleo de trítio



Fonte: disponível em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Visualizado em: janeiro 2018.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O aluno deverá ser capaz de:

- 1) Compreender que os experimentos de espalhamento ajudam na descoberta da estrutura interna dos átomos, núcleos e partículas compostas.
- 2) Discutir ainda a importância da análise de processos de decaimento, tais como o decaimento beta, identificando e analisando a produção de partículas elementares em processos dessa natureza

<b>PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS</b>
<b>1ª aula (45 min): realização das atividades do PHET.</b>
<p><b>1º Momento (5 min): Distribuição das atividades.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Professor deverá entregar o roteiro das atividades impressas aos representantes das equipes.</li> <li>b) Preferencialmente iniciar essa aula já no Laboratório de Informática.</li> <li>c) Ressaltar aos alunos que as atividades extras disponíveis nas duas atividades valem no máximo 25XP.</li> </ol> <p><b>2º Momento (40 min): Execução das atividades.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Os alunos deverão fazer as atividades na aula ou o professor pode optar pela resolução em casa.</li> <li>b) Vale a pena ressaltar neste momento que a nota final de cada aluno depende do rendimento de seus colegas da equipe, portanto todos devem conhecer e entender a atividade feita.</li> </ol>
<b>ATIVIDADE GAMIFICADA</b>
<p>O professor deverá atribuir uma pontuação de 0XP, para os grupos que optarem por fazer a atividade extra, podendo chegar a uma pontuação máxima de 25XP, por atividade, que são referentes ao Espalhamento de Rutherford e Decaimento Beta.</p> <p>No momento da entrega o professor deverá mostrar a pontuação conseguida pela equipe com a atividade extra, disponibilizando uma nova chance de realizar a atividade, porém com pontuação máxima de 20 XP</p>
<b>RECURSOS DIDÁTICOS</b>
<p>Levar o material impresso disponível no Anexo 1 e Anexo 2. Certificar-se que os computadores da escola conseguem executar as simulações.</p>
<b>MATERIAL COMPLEMENTAR PARA O PROFESSOR</b>
<p><b>Anexo 1: Simulação de Espalhamento de Rutherford</b> <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering</a></p>
<p><b>Anexo 2: Simulação do Decaimento Beta</b> <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/beta-decay">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/beta-decay</a></p>

<p><b>Anexo 3: Link para download do roteiro de avaliação do Espalhamento de Rutherford</b>  <a href="https://drive.google.com/open?id=1uRphip083crJ_6zTz50T3Z_5Qe5jWQFz">https://drive.google.com/open?id=1uRphip083crJ_6zTz50T3Z_5Qe5jWQFz</a></p> <p><b>Anexo 4: Link para download do roteiro de avaliação do decaimento Beta</b>  <a href="https://drive.google.com/open?id=1n1Olft0tAgDLCX3nV3JTfjD8mzxxj63Y">https://drive.google.com/open?id=1n1Olft0tAgDLCX3nV3JTfjD8mzxxj63Y</a>.</p>
<b>IDENTIFICAÇÃO AULA 7-8</b>
<b>SABERES</b>
<p>LHC como maior centro de pesquisa do Mundo no que se refere a Física de Partículas Elementares e sua importância para o desenvolvimento científico e tecnológico em diversas áreas das ciências.</p>
<b>COMO REALIZAR O AGENDAMENTO</b>
<p>O agendamento para realização da visita ao CMS é realizado online (site: <a href="http://cms.web.cern.ch/content/virtual-visits">http://cms.web.cern.ch/content/virtual-visits</a>) no qual encontram-se disponíveis informações para a visita como: público alvo, listas de equipamentos, links para acessar o formulário e informações sobre visitas realizadas pelo mundo.</p> <p>Requisitos básicos para a realização da visita virtual são: ter disponível computador atualizado e uma internet de preferência cabeada de no mínimo 1.0 Mbps, um projetor e uma sala suficientemente escura. É recomendável ainda ter um microfone com um cabo longo ou até mesmo sem fio e uma unidade de cancelamento de ruído.</p> <p>É necessário também instalar o software multiplataforma Vidyo, disponível para download no link: <a href="http://information-technology.web.cern.ch/services/fe/vidyo">http://information-technology.web.cern.ch/services/fe/vidyo</a>.</p>
<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM</b>
<p>O aluno deverá ser capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Reconhecer a importância do LHC e seus experimentos.</li> <li>2) Interagir com os colaboradores do CMS.</li> <li>3) Conhecer a estrutura interna do experimento do CMS e demais instalações do LHC</li> </ol>
<b>PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS</b>
<b>2ª aula (90 min): realização da visita virtual.</b>
<b>1º Momento (5 min): Apresentação.</b>

<p>a) Professor deverá iniciar a conversa apresentando a turma aos colaboradores do CMS e reforçar a importância da participação dos alunos durante a visita.</p> <p><b>2º Momento (85 min): Visita virtual.</b></p> <p>a) A visita tem uma duração de aproximadamente 90 minutos.</p>
<b>ATIVIDADE GAMIFICADA</b>
<p>O professor deverá atribuir uma pontuação de 2XP a cada pergunta coerente à temática abordada na visita.</p> <p>Caso os alunos optem pela realização da atividade extra contida no relatório da visita virtual os alunos poderão ganhar até 30XP.</p> <p>No momento da entrega o professor deverá mostrar a pontuação conseguida pela equipe com a atividade extra, disponibilizando uma nova chance de realizar a atividade, porém com pontuação máxima de 25XP.</p>
<b>RECURSOS DIDÁTICOS</b>
<p>Levar o material impresso disponível no Anexo 1;  Certificar-se que todos os requisitos necessários para a visita estão certos e teste de conexão realizado com êxito.</p>
<b>ANEXOS</b>
<p><b>Anexo 1: Link da visita realizada no IFC-Fraiburgo</b>  <a href="https://indico.cern.ch/event/656055/">https://indico.cern.ch/event/656055/</a><sup>3</sup></p> <p><b>Sugestão de leitura</b>  CERN. <b>LHC the guide.</b> Disponível em:  &lt;<a href="https://cds.cern.ch/record/2255762/files/CERN-Brochure-2017-002-Eng.pdf">https://cds.cern.ch/record/2255762/files/CERN-Brochure-2017-002-Eng.pdf</a>&gt;</p> <p>CERNa. <b>Sobre o CERN.</b> Disponível em: &lt;<a href="https://home.cern/">https://home.cern/</a>&gt;.</p>
<b>IDENTIFICAÇÃO AULA 9</b>
<b>SABERES</b>
<p>Estrutura elementar da matéria, Modelo Padrão das Partículas elementares, bósons mediadores, léptons e quarks</p>
<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM</b>
<p>1) Os alunos deverão devolver as atividades e estas serão corrigidas.</p>

<sup>3</sup> Acesso livre, gentilmente cedido pelo CMS.

<b>PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS</b>
<b>1ª aula (45 min): Devolução e correção das atividades.</b>
<b>1º Momento (5 min): Apresentação.</b>
a) Devolver as atividades corrigidas e dar um tempo para os alunos verem seus erros.
<b>2º Momento (40 min): Correções.</b>
a) Corrigir os erros cometidos pelos alunos.
<b>RECURSOS DIDÁTICOS</b>
Quadro e canetão

<b>IDENTIFICAÇÃO AULA 10</b>
<b>SABERES</b>
Estrutura elementar da matéria, Modelo Padrão das Partículas elementares, bósons mediadores, léptons e quarks
<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM</b>
1) Avaliar a aprendizagem dos alunos
2) Avaliar a sequência didática

<b>PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS</b>
<b>1ª aula (45 min): realização da avaliação final.</b>
<b>1º Momento (5 min): Apresentação.</b>
a) Professor deverá entregar as avaliações e organizar a sala para que fique um espaço livre no fundo da sala, para que os alunos que puderem solicitar o uso do benefício de conversar com o colega por 3 minutos o faça sem atrapalhar os demais
<b>2º Momento (40 min): Avaliação.</b>
a) Neste momento os alunos com pontuação suficiente poderão efetuar a troca por benefícios durante a avaliação. O professor deverá tomar certos cuidados como:
b) Deixar um espaço no fundo da sala para que os alunos que optarem por conversar com o colega, que o faça neste espaço. Durante a conversa o aluno não pode ter consigo papel e nem caneta. Importante ressaltar que a conversa não poderá ser ouvida por outros colegas.
c) Anotar na avaliação a pontuação que o aluno gastará com o benefício solicitado.
<b>RECURSOS DIDÁTICOS</b>
Levar o material impresso do questionário da avaliação final

<b>ANEXOS</b>
---------------

<b>Anexo 1: Link para download do questionário da avaliação final</b>
---

<a href="https://drive.google.com/open?id=1Jq2AOka98SSUeed26p62_G30uv-QXTpQ">https://drive.google.com/open?id=1Jq2AOka98SSUeed26p62_G30uv-QXTpQ</a>
---

### 2.3 QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTO PRÉVIO E QUESTIONÁRIO AVALIAÇÃO FINAL

A aplicação dos questionários nesse produto educacional pretende mensurar o conhecimento prévio, e avaliar ao final o quanto as atividades oportunizaram o conhecimento sobre o tema.

Abaixo disponibilizamos os questionários usados na aplicação desta sequência didática para essas finalidades.

#### Questionário Conhecimento prévio

Aluno: \_\_\_\_\_

1. Qual das ferramentas abaixo você normalmente utiliza para realizar pesquisas?

Celular                       Tablet                       Biblioteca

Computador pessoal    Livros

2. Quantas vezes por semana você navega pela internet?

0    1    2    3

4    5    6    7

3. Você já utilizou alguma simulação ou animação para estudar para alguma disciplina?

Sim                                       Não

4. Em resposta afirmativa indique para quais disciplinas você já utilizou deste recurso

Português       Geografia    Biologia

Artes               Língua Estrangeira               História

Física               Filosofia               Matemática

Sociologia       Química    Ed. Física

5. Você já ouviu falar de algum acelerador/colisor de partículas?

Sim    Não

6. Já ouviu falar do LHC (Large Hadron Collider) o Grande Colisor de Hádrons – instalado nas dependências do CERN (centro Europeu de pesquisas Nucleares)?

Sim  Não

7. Caso a resposta seja afirmativa indique por quais meios de comunicação você já ouviu falar sobre aceleradores/colisores de partícula ou sobre o CERN.

Internet (sites de divulgação científica, blogs, redes sociais, etc)

TV  Revistas (de divulgação científica)

Escola  Filmes

Outros: \_\_\_\_\_

8. Sobre quais partículas você já ouviu falar:

Elétrons  Fótons  Neutrinos

Quarks  Bóson de Higgs  Glúons

9. Indique de onde você ouviu falar dessas partículas

Internet (sites de divulgação científica, blogs, redes sociais, etc)

TV

Revistas (de divulgação científica)

Escola

Filmes

Outros: \_\_\_\_\_

10. Você já ouviu falar do Modelo Padrão de Partículas Elementares (ou simplesmente Modelo Padrão)?

Sim  Não

11. Caso a resposta seja afirmativa indique por quais meios de comunicação você já ouviu falar sobre o Modelo Padrão

Internet (sites de divulgação científica, blogs, redes sociais, etc)

TV

Revistas

Escola

Filmes

12. O que é o Modelo Padrão?

13. Hoje sabemos que a matéria ordinária de nosso cotidiano é composta por pequenos blocos fundamentais, que denominamos partículas elementares. Você saberia informar quais são essas partículas?

14. Com suas palavras você saberia informar a importância dos experimentos feitos no LHC, pois estima-se que foram gastos cerca de 3,756 bilhões de Francos Suíços (CFH), o que corresponde a aproximadamente R\$ 12 bilhões<sup>4</sup> na sua construção, mais investimentos de 576 milhões CFH

---

<sup>4</sup>Utilizando a cotação do dia 04/09/2017: 1 CFH = 3,2773 BRL (Real Brasileiro – R\$) retirada do site: <http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>



Questão 4: Qual é a importância do átomo de Rutherford para o desenvolvimento da Física Nuclear e de Partículas Elementares? Além de sua importância histórica, o experimento de Rutherford é um exemplo simples de experimento de ESPALHAMENTO, empregados para descoberta de novas partículas e para a compreensão da estrutura elementar da matéria.

Questão 5: Mostre que no decaimento do trítio ( $^3\text{H}$ ), ao emitir uma partícula beta a carga total é conservada, mostre também o resultado deste decaimento.

Questão 6: O conceito de carga cor para resolver o problema do princípio de Exclusão de Pauli. Explique com suas palavras esse princípio e como a introdução desse novo tipo de carga resolve um aparente paradoxo na constituição em termos de quarks de algumas partículas compostas.

Questão 7: No experimento de espalhamento de Rutherford monte uma relação qualitativa entre o ângulo de desvio (por interação eletromagnética) e a energia das partículas alfa incidentes.

Questão 8: No Modelo Padrão de partículas elementares abaixo estão faltando algumas partículas elementares e o nome de um grupo. Coloque nos espaços as partículas e os nomes dos grupos faltantes.

massa → $\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ carga → $2/3$ spin → $1/2$		massa → $\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ carga → $2/3$ spin → $1/2$	massa → $0$ carga → $0$ spin → $1$	
		$t$ top	$g$ glúon	
	massa → $\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ carga → $-1/3$ spin → $1/2$	massa → $\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ carga → $-1/3$ spin → $1/2$		
	$s$ strange	$b$ bottom		
	massa → $0.511 \text{ MeV}/c^2$ carga → $-1$ spin → $1/2$	massa → $105.7 \text{ MeV}/c^2$ carga → $-1$ spin → $1/2$	massa → $1.777 \text{ GeV}/c^2$ carga → $-1$ spin → $1/2$	massa → $91.2 \text{ GeV}/c^2$ carga → $0$ spin → $1$
	$\mu$ múon	$\tau$ tau	$Z$ bóson Z	
		massa → $< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ carga → $0$ spin → $1/2$		
		$\nu_t$ neutrino do tau		
LÉPTONS		BÓSONS DE CALIBRE		

Fonte: Imagem adaptada do site:

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_padr%C3%A3o#/media/File:Standard\\_Model\\_of\\_Elementary\\_Particles-pt-br.svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_padr%C3%A3o#/media/File:Standard_Model_of_Elementary_Particles-pt-br.svg). Visualizado em: março de 20018.

## 2.4 ATIVIDADES EXPLORATÓRIAS – ROTEIRO DE AVALIAÇÃO

As atividades exploratórias podem ser realizadas em sala de informática, disponibilizando acesso a internet e o roteiro que permitirá ao aluno identificar os principais fundamentos das simulações.

Conforme especificados anteriormente, abaixo apresentamos dois roteiros de atividades virtuais do site Phet.

### 1. Roteiro da atividade virtual - Espalhamento Rutherford

Grupo: \_\_\_\_\_

Integrantes: \_\_\_\_\_

Com a confirmação da existência do Elétron, a divisão de cargas positivas e negativas de um átomo ficou evidente, porém foram levantadas hipóteses acerca da distribuição dessas cargas. Para conseguir a confirmação ou a refutação das ideias foram feitos experimentos de espalhamento de partículas alfa (núcleo de hélio). Vejamos a seguir a hipótese de Thomson e em seguida a solução encontrada por Rutherford em um experimento de espalhamento.

Acesse o site:

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/rutherford-scattering](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering)

Análise 1: O modelo atômico de Thomson

Passo: Selecione Exibir Trajetória;

Passo: Nas Propriedades da Partícula Alfa, selecione o valor mínimo de Energia;

Passo: Ligue o emissor de partículas alfa e verifique a trajetória destas partículas;

Passo: Com o emissor de partículas alfa ligado, leve o cursor das propriedades da partícula Alfa do valor mínimo até o valor máximo analisando possíveis alterações nos comportamentos das trajetórias das partículas alfa incidente sobre os átomos;

Passo: Descreva no espaço abaixo como é a distribuição de cargas nesse modelo e o que ocorre com as partículas alfa do ponto de vista dos ângulos de espalhamento; isto é, as partículas alfa são defletidas em grandes ângulos?

Análise 2: O modelo atômico de Rutherford

Passo: Selecione “Átomo de Rutherford” na parte inferior da simulação;

Passo: Em “Propriedades da Partícula Alfa” selecione “Exibir trajetória” e coloque o cursor da Energia no mínimo.

Passo: Ligue o Emissor de partícula alfa e verifique as trajetórias destas partículas;

Passo: Coloque a Energia das partículas alfa no máximo e observe o que ocorre com a trajetória destas partículas;

Passo: Escreva no espaço abaixo o que acontece nas trajetórias e estabeleça uma relação qualitativa entre o ângulo de desvio (por interação eletromagnética) e a energia das partículas alfa incidentes.

Passo: No canto superior esquerdo selecione a figura que representa um único átomo. Observe que os elétrons (ou eletrosfera) não são apresentados na simulação; uma vez que as dimensões nucleares são aproximadamente 10000 vezes menores do que as dimensões atômicas;

Passo: Com a maior número possível de prótons e nêutrons verifique o que ocorre nas trajetórias das partículas alfa com o valor mínimo e máximo de Energia.

Passo: Escreva abaixo o que acontece e justifique o porquê das diferenças na trajetória, indicando a natureza dessa possível força; indique também a carga do núcleo e da partícula alfa.

**Atividade Extra (25XP): Qual é a importância do átomo de Rutherford para o desenvolvimento da Física Nuclear e de Partículas Elementares? Além de sua importância histórica, o experimento de Rutherford é um exemplo simples de experimento de ESPALHAMENTO, empregado para descoberta de novas partículas e para a compreensão da estrutura elementar da matéria.**

## 2. Roteiro Atividade virtual - O decaimento Beta

Grupo: \_\_\_\_\_

Integrantes: \_\_\_\_\_

Logo que foi observado o Decaimento Beta apenas as partículas carregadas foram vistas, o que, do ponto de vista teórico, poderia implicar na violação do princípio de conservação de energia, na conservação da energia. Alguns cientistas, como Niels Bohr, chegaram a cogitar que o princípio da

conservação da energia seria violado no microcosmo, porém Wolfgang Pauli postulou a existência de um novo tipo de partícula que foi chamada de neutrino, que além de garantir a conservação da energia, garante também a conservação do momento (linear e angular) durante o decaimento Beta.

Acesse o site [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/beta-decay](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/beta-decay)

Passo: Execute a simulação do link acima escolhendo a opção: Único Átomo;

Passo: Pause a simulação e escolha o átomo de  $3\text{H}$  (trítio);

Passo: Caso seu átomo já tenha decaído antes de você pausar a simulação, clique em “Reiniciar núcleo”;

Passo: Desenhe de modo simplificado o núcleo atômico antes do decaimento, identificando nomes e quantidade dessas partículas;

Passo: inicie a simulação e observe o momento de ocorrência de um decaimento nuclear, pausando no momento em que todas as partículas produzidas estiverem visíveis na tela;

Passo: Caso não tenha conseguido efetuar o procedimento anterior, clique em “Reiniciar núcleo” e tente novamente;

Passo: Desenhe de modo simplificado o núcleo atômico depois do decaimento, identificando a quantidade e nome das partículas emitidas

Antes	Depois

Passo: Apresente na Tabela abaixo o nome e o número de partículas encontradas no processo de decaimento, separando-as em Composta e Elementar, informando o valor de carga de cada uma delas. Na terceira coluna, coloque em ordem as partículas elementares, somando suas cargas, e verifique se a carga elétrica é conservada nesse processo de decaimento.

Antes		
Partículas Compostas	Partículas Elementares	Composta = elementar + elementar
Depois do decaimento		
Partículas Compostas	Partículas Elementares	Composta = elementar + elementar

**Atividade Extra (25XP): Verifique se há conservação das cargas e da massa no processo de decaimento, explique porque e de onde surgiu o elétron?**

## 2.5 VISITA VIRTUAL AO CMS – ROTEIRO DE AVALIAÇÃO

Este momento da visita virtual permite dimensionar o conhecimento adquirido e a relação que o aluno faz entre a teoria e a prática. Para mensurar o aproveitamento da visita virtual aplicamos o seguinte questionário de avaliação:

Escreva um texto de no mínimo 20 e máximo de 30 linhas, discutindo sobre a importância do CMS do LHC – CERN. Para a sua produção textual você deverá escolher 3 (três) das perguntas indicadas abaixo. Procure elaborar o seu texto de forma a responder a todas as questões selecionadas.

1. O que é o experimento CMS?
2. Quais os objetivos de um experimento científico como o CMS?
3. Que mecanismos/equipamentos são utilizados para detecção de partículas carregadas e neutras?
4. Que partícula(s) já foi(ram) descoberta(s) pelo experimento CMS?
5. Qual a importância dessa(s) partícula(s) para a consolidação do Modelo Padrão?
6. Quais as principais características do LHC que o distingue de outros aceleradores de partículas ao longo do mundo?
7. Qual a importância de estrutura de resfriamento a baixíssimas temperaturas no experimento do CMS? Por que são necessárias tão baixas temperaturas?
8. Qual a intensidade típica do campo magnético gerado por um solenóide como do experimento CMS? Por que são necessários campos tão intensos?
9. Qual o nome da estrutura computacional instalado no CERN para processamento de toda informação gerada pelos eventos de colisões observados num experimento como o CMS? Por que essa estrutura é tão importante?
10. Existe a expectativa de que outras partículas sejam descobertas pelo experimento CMS? Quais seriam e que informação trariam

de importante para a aplicação de nosso conhecimento sobre a matéria existente no universo?

**Atividade Extra (30 XP). Crie um texto de no mínimo 10 linhas onde vocês apresentam o CMS, destacando os pontos apresentados na visita virtual. Elabore o texto pensando em como seria essa apresentação para uma pessoa totalmente leiga no assunto, dando uma ideia da importância do CMS para a ciência.**

## 2.6 PROCEDIMENTOS AVALIATIVOS: REGRAS E CRITÉRIOS

Para fins de execução da sequência, algumas regras, critérios de avaliação e penalidades, precisam estar estabelecidas, como pode ser visto na sequência.

A cada etapa executada a equipe (composta por 4 ou 5 alunos) poderá ganhar pontos de experiências (XP), que poderão ser trocados por benefícios, que estão na tabela abaixo.

XP	Benefícios
30	Pedir ajuda de um colega (3min)
30	Descartar a nota de um colega para fazer a nota final.
80	Usar suas anotações durante a prova
104	Usar celular ou computador pessoal

A lista de benefícios foi criada pensando em estimular os alunos a realizar as atividades extras presentes nas atividades disponibilizadas pelo professor. No total os alunos poderão conquistar 100XP mais 2XP por pergunta coerente realizada durante a visita virtual.

Paralelamente, produzimos uma tabela de penalidades, com o objetivo de estabelecer alguns critérios, que venham por sua vez estimular o aluno a participar e interagir.

Pontos XP	Infrações
-2	Falta de integrantes (por pessoa)
-2	Perturbar a aula
-10	Copiar atividade de outras equipes sem a devida solicitação
-80	Tentar algum tipo de trapaça nas regras
A definir	Alguma perturbação ou desrespeito que não estejam expressos nas regras.

Regras também são estabelecidas e pactuadas com os alunos:

1. A Pontuação será atribuída à equipe, e no caso de penalidades os pontos serão descontados de toda equipe.
2. A atividade extra é optativa, e a sua realização afetará apenas na conquista de pontuação para trocas de benefícios durante a avaliação.
3. Cada equipe deverá ter um representante.
4. Este mesmo representante fará parte do conselho e poderá ser chamado para resolver algum caso que não foi previsto nas regras do jogo.
5. Os pontos conquistados em grupo, serão atribuídos a cada aluno da equipe, para poder usá-los de maneira individual na hora da avaliação.
6. Todos os jogadores serão fiscais, porém caso queira denunciar alguma violação das regras por parte dos colegas, terão de fazer através do representante, na mesma hora que perceber tal violação.

O professor ficará responsável por apurar e julgar as denúncias de violação, caso seja necessário o mesmo poderá solicitar auxílio do conselho de alunos para julgamento.

## 2.7 NOTAL FINAL

Tendo em vista a importância da avaliação final que compõe 50% da nota final e levando em consideração que as notas individuais influenciam a nota geral do grupo, todos são responsabilizados pelas médias.

Para aferir a nota final de cada aluno sugere-se a equação a seguir:

$$N_F = 0,5N_A + 0,2 \left( \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{4} \right) + 0,3N_E$$

Onde:

$N_A$  = Nota da Avaliação individual;

$T_1$  = Nota do trabalho da Formação das equipes;

$T_2$  = Nota da atividade de Espalhamento de Rutherford;

$T_3$  = Nota da atividade de Decaimento Beta;

$T_4$  = Nota do relatório da Visita Virtual ao CMS;

$N_E$  = Média das notas da avaliação final dos membros da equipe

Podemos verificar pela equação que 50% da nota do aluno será referente a sua avaliação final, 20% será a média dos trabalhos desenvolvidos durante a aplicação da sequência didática e 30% será a média das notas da avaliação final dos membros da equipe que o aluno fazia parte, tornando o desempenho de cada aluno atrelado ao desempenho da sua equipe. O que sugere que todos tenham que entender o que foi feito em cada um dos processos.

Todas as atividades propostas aos alunos contém o mesmo peso para compor a nota final das atividades e as atividades extras (pontuadas ao final de cada atividade exploratória) ficam a critério das equipes em realizá-las ou não, porém vale ressaltar que a troca por benefícios só poderá ser feita por aqueles alunos que apresentam pontuação suficiente para fazê-lo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse produto educacional foi proposto o Ensino da Física de Partículas Elementares para o ensino médio, por meio de atividades gamificadas que usam as tecnologias da informação e comunicação (TIC).

Pode-se dizer que gamificação, por meio das atividades exploratórias e a realização da visita ao CMS, permite uma nova abordagem pedagógica em sala de aula, contribuindo para construção do saber de forma dinâmica e interativa entre professor e aluno. Essa atividade de caráter interativo, permite momentos de conversação e troca de conhecimento entre todos, de forma organizada e bem planejada pelo professor, o que permite um ambiente colaboração e conhecimento. Outro benefício evidenciado, é permitir ao aluno encontrar a sua forma de aprender e compreender o conteúdo, por meio, das aulas expositivas, da visita virtual ao CMS e nas simulações, fato é que ao proporcionar diversos recursos diferentes, o professor consegue se aproximar mais de cada aluno.

Ressalta-se também que nessa forma apresentada de ensino-aprendizagem a nota dos membros da equipe influencia de maneira direta a nota individual. Assim, ter o desempenho comprometido por um membro da equipe que não levou a sério o desenvolvimento das atividades pode gerar conflito entre alunos e até fazer com alguns alunos se desestimulem. Devido a esse fator, o aluno pode, tendo pontuação para isso, descartar a nota dos colegas que não tiveram um bom desempenho na avaliação final.

Desta forma, enquanto no método tradicional o professor é o sujeito ativo no processo ensino-aprendizagem, nesse produto o método é o construtivista, onde o aluno assume a responsabilidade na construção do seu saber, onde o papel do professor é o de mediar, orientar e instigar o processo de construção do seu saber.

Portanto, de modo geral, podemos dizer que essa sequência traz uma possibilidade de explorar um conteúdo da Física Moderna e Contemporânea, com elementos da teoria de Gamificação reforçando a potencialidade do uso das TIC no ensino de Física.