

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Rodolfo de Moura Marques

**FÍSICA CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: O USO DE UM AMBIENTE
VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DO MODELO PADRÃO DA
FÍSICA DE PARTÍCULAS.**

Juiz de Fora

2021

Rodolfo de Moura Marques

**FÍSICA CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: O USO DE UM AMBIENTE
VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DO MODELO PADRÃO DA
FÍSICA DE PARTÍCULAS.**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes

Juiz de Fora
2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Marques, Rodolfo de Moura.

FÍSICA CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA : O USO DE UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS /

Rodolfo de Moura Marques. -- 2021.

149 f.

Orientador: Paulo Henrique Dias Menezes

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/FSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2021.

1. ensino de física. 2. modelo padrão. 3. modelagem científica. 4. ensino híbrido. 5. AVA. I. Menezes, Paulo Henrique Dias, orient. II. Título.

Rodolfo de Moura Marques

FÍSICA CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: O USO DE UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS.

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 07 de maio de 2021

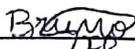
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dra. Silvana Perez
Universidade Federal do Pará



Prof. Dr. Bruno Ferreira Rizzuti
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, aos meus pais, irmãos e amig@s por estarem sempre ao meu lado e me apoiarem em todas as minhas escolhas.

Agradeço aos colegas de turma que realizaram a avaliação do produto educacional e a todo o corpo docente do programa do MNPF, polo 24.

Agradeço ao professor Paulo Henrique por, mais uma vez, contribuir para o meu aprendizado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

RESUMO

Neste trabalho apresentamos a proposta de um ambiente virtual de aprendizagem desenvolvido especialmente para o ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas para alunos do ensino médio. O Modelo Padrão proporciona um melhor entendimento de como as partículas que compõem o universo e três das quatro forças fundamentais se relacionam, possibilitando prever uma ampla variedade de fenômenos e explicar diversos resultados experimentais. O ambiente virtual foi estruturado na perspectiva de ensino híbrido e adota características do modelo de rotação. Nesse ambiente foi elaborada uma sequência didática para abordar o Modelo Padrão, por meio de um processo de modelagem científica, que utiliza diferentes recursos multimidiáticos e pode ser aplicada em qualquer ano do ensino médio ou da educação de jovens e adultos. O conteúdo da sequência didática foi organizado em três módulos que seguem a forma de aprendizagem significativa do tipo subordinada, em que o conhecimento prévio dos estudantes funciona como base para a aquisição de um novo conhecimento por meio de um processo interativo. O módulo I apresenta a evolução dos modelos atômicos; o módulo II insere o Modelo Padrão da Física de Partículas; e o módulo III apresenta alguns trabalhos desenvolvidos com base no Modelo Padrão e suas contribuições para a sociedade. As atividades envolvem hipertextos, vídeos, visita virtual ao CERN, entre outras. A avaliação da sequência didática como ferramenta de ensino se deu por meio de um processo de revisão por pares. Os resultados indicam que o ambiente virtual de aprendizagem, da maneira como foi estruturado, apresenta grande potencial como recurso educacional para inserção de tópicos de física contemporânea na educação básica.

Palavras-chave: ensino de física; modelo padrão; modelagem científica; ensino híbrido; AVA.

ABSTRACT

In this work we present the proposal of a Virtual Learning Environment developed especially for teaching the Standard Model of Particle Physics for high school students. The Standard Model provides a better understanding of how the particles that make up the universe and three of the four fundamental forces are related, making it possible to predict a wide variety of phenomena and explain various experimental results. The virtual environment was developed in the perspective of hybrid teaching and adopts characteristics of the rotation model. In this environment, a didactic sequence was elaborated to approach the Standard Model, through a scientific modeling process, using different multimedia resources that can be applied in any year of high school or in the education of young people and adults. The content of the didactic sequence was organized in three modules that follow the form of significant learning of the subordinate type, in which the students' previous knowledge works as a basis for the acquisition of new knowledge through an interactive process. Module I presents the evolution of atomic models; module II inserts the Standard Model of Particle Physics; and module III presents some works developed based on the Standard Model and its contributions to society. The activities involve hypertexts, videos, virtual visit to CERN, among others. The evaluation of the didactic sequence as a teaching tool took place through a peer review process. The results indicate that the virtual learning environment, as it was designed, has great potential to be used as an educational resource for the insertion of contemporary physics topics in basic education.

Keywords: physics teaching; standard model; scientific modeling; hybrid teaching; virtual learning environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Modelo atômico de Dalton.	25
Figura 2- Desvio sofrido pelo raio catódico na ampola de Crookes adaptada por Thomson. ..	26
Figura 3- Modelo atômico proposto por Thomson.....	27
Figura 4- Experimento de Rutherford.	28
Figura 5- Modelo atômico de Rutherford.....	29
Figura 6- Modelo atômico de Bohr.	30
Figura 7- Modelo atômico de Sommerfeld.	32
Figura 8- Modelo Padrão da Física de Partículas.	37
Figura 9- Modelos de ensino híbrido.....	47
Gráfico 1- Local de exercício da função de professor.	70
Gráfico 2- Graduação dos revisores.	70
Gráfico 3- Principal meio de acesso do ambiente virtual de aprendizagem.....	71
Quadro 1- Gerações e partículas constituintes dos quarks.	37
Quadro 2- Gerações e partículas constituintes dos léptons.	38
Quadro 3- Bósons correspondentes às forças fundamentais da natureza.	39
Quadro 4- Modelização do tema “Física de Partículas” para uma abordagem na educação básica.	42
Quadro 5- Conteúdos, recursos, estrutura de ensino e atividades abordados no módulo I.	46
Quadro 6- Conteúdos, recursos, estrutura de ensino e atividades abordados no módulo II.	47
Quadro 7- Conteúdos, recursos, estrutura de ensino e atividades abordados no módulo III. ..	48
Quadro 8- Tempo estimado para realização de cada conteúdo proposto nos respectivos módulos.	67
Quadro 9- Cronograma de aplicação do curso sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Avaliação do módulo I quanto ao grau de satisfação dos avaliadores e ranking médio das questões avaliadas.	72
Tabela 2- Avaliação do módulo II quanto ao grau de satisfação dos avaliadores e ranking médio das questões avaliadas.	75
Tabela 3- Avaliação do módulo III quanto ao grau de satisfação dos avaliadores e ranking médio das questões avaliadas.	78
Tabela 4- Avaliação do curso quanto ao grau de satisfação dos avaliadores e ranking médio das questões avaliadas.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C	Antes de Cristo
ACT	Alfabetização Científica e Tecnológica
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CERN	<i>Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire</i>
CNPEM	Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EJA	Educação de Jovens e Adultos
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FMC	Física Moderna e Contemporânea
GSA	<i>Google</i> Sala de Aula
GSFE	<i>Google Suite for Education</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LHC	<i>Large Hadron Collider</i>
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
NTICs	Novas Tecnologias de Informação e de Comunicação
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PETs	Planos de Estudos Tutorados
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
Proerd	Programa Educacional de Resistência às Drogas
REANP	Regime Especial de Atividades Não Presenciais

RM	Ranking Médio
SEE/MG	Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais
SMS	<i>Short Message Service</i>
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
WWW	<i>World Wide Web</i>

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
1.1	Justificativa.....	15
1.2	Objetivos.....	17
1.2.1	Geral	17
1.2.2	Específicos.....	17
1.3	Apresentação do trabalho.....	18
2	A Evolução dos modelos atômicos	20
2.1	Breve discussão sobre Evolução dos Modelos atômicos.....	20
2.2	Descoberta de novas partículas elementares: Léptons, Quarks e Partículas Mediadoras	29
2.2.1	Léptons	30
2.2.2	Quarks.....	30
2.2.3	Partículas Mediadoras	31
2.3	O Modelo Padrão da Física de Partículas	32
2.4	Modelagem e o Modelo Padrão da Física de Partículas	35
3	O uso das tecnologias de Informação e Comunicação do ensino de Física	39
3.1	Por que ensinar Física de Partículas com ferramentas TIC?	39
3.2	O que fazer para ensinar Física de Partículas com ferramentas TIC (desenvolvimento da ferramenta)?.....	40
3.3	Ensino híbrido: Proposta educacional BASE para a estrutura de elaboração e aplicação do produto.....	42
4	Metodologia.....	46
4.1	Proposta metodológica: Como fazer?.....	46
4.1.1	Descrição do Módulo I – A Evolução dos Modelos Atômicos.....	49
4.1.2	Descrição do Módulo II – O Modelo Padrão da Física de Partículas.....	54
4.1.3	Descrição do Módulo III – Os Aceleradores de Partículas e suas Contribuições para a Sociedade	56
4.2	O Contexto da aplicação da sequência didática.....	61
4.3	A escolha do processo de avaliação, do local de aplicação e dos colaboradores	63
4.4	A aplicação do produto educacional	65
5	Resultados e Discussões	70
5.1	Avaliação do módulo I.....	71
5.2	Avaliação do módulo II.....	75
5.3	Avaliação do módulo III	78
5.4	Avaliação geral da sequência didática	80
	Considerações finais.....	83
	Referências	85

APÊNDICES	91
APÊNDICE I - Formulário 1	92
APÊNDICE II - Formulário 2.	93
APÊNDICE III - Mapa conceitual: Partículas Fundamentais.	94
APÊNDICE IV - Mapa conceitual: Forças Fundamentais.	95
APÊNDICE V - Ficha de anotações de campo.	96
APÊNDICE VI - Informações e questões utilizadas para estruturar o formulário para a avaliação do primeiro módulo.	98
APÊNDICE VII - Informações e questões utilizadas para estruturar o formulário para a avaliação do segundo módulo.	100
APÊNDICE VIII - Informações e questões utilizadas para estruturar o formulário para a avaliação do segundo módulo.	102
APÊNDICE IX - Informações e questões utilizadas para estruturar o formulário para a avaliação geral da sequência didática.	104
APÊNDICE X – PRODUTO EDUCACIONAL.....	106

1 INTRODUÇÃO

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na Educação Básica, sobretudo na rede pública de ensino, é algo necessário e de extrema importância. Brockington e Pietrocola (2016, p. 387) discutem sobre essa temática e destacam que:

Diversas pesquisas em Ensino de Física apontam para a necessidade da inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio. Os trabalhos decorrentes de quase duas décadas de pesquisas educacionais são suficientes para assegurar a necessidade de atualização dos programas de Física na Educação Média.

Entretanto, além de toda a problemática relacionada ao ensino já conhecida pelos professores de Física – tais como: número reduzido de aulas para o cumprimento de um currículo programático muito extenso, turmas numerosas, parca infraestrutura etc. – a inserção da FMC no currículo escolar se apresenta como mais um desafio a ser vencido, tendo em vista que para abordarmos conteúdos modernos é necessário conhecermos certos fundamentos considerados, por vezes, muito avançados até para estudantes de pós-graduação.

Embora seja um assunto de extrema complexidade, existem diferentes recursos educacionais – como, por exemplo, o processo de modelagem científica – que podem auxiliar no processo de transposição didática de temas contemporâneos em objetos de ensino mais simplificados que podem ser abordados em aulas de Física da escola básica. Brandão et al. (2011, p. 509-510) defendem a tese de que o processo de modelagem científica, apoiado na concepção de Mario Bunge (1974), “pode ser visto como um campo conceitual subjacente ao domínio de campos conceituais específicos em Física, possuindo implicação didática para o Ensino de Física e para a pesquisa nessa área”. Brockington e Pietrocola (2016, p. 388) discutem a ideia de transposição didática, baseados na definição de Chevallard, como:

[...] um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas (o Saber Sábio) se transforma naquele que está contido nos programas e livros didáticos (o Saber a Ensinar) e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula (o Saber Ensinado). [...] um conceito ao ser transferido, transposto, de um contexto ao outro, passa por profundas modificações. Ao ser ensinado, todo conceito mantém semelhanças com a ideia originalmente presente em seu contexto da pesquisa, porém adquire outros significados próprios do ambiente escolar qual será alojado.

Tendo em vista a necessidade da inserção da FMC na educação básica, em especial no ensino médio, neste trabalho apresentamos o desenvolvimento, a aplicação e a validação de

uma sequência didática que aborda o Modelo Padrão da Física de Partículas por meio de uma proposta híbrida de ensino (presencial e virtual), baseada no modelo de rotação por estações (HORN e STAKER, 2015), que visa promover uma aprendizagem significativa sobre o tema e colaborar para alfabetização científica dos estudantes.

A escolha do Modelo Padrão da Física de Partículas como tema de estudo se deu pelo fato de ser um modelo que proporciona um melhor entendimento de como as partículas que compõem o universo se relacionam com três das quatro forças fundamentais, possibilitando prever uma ampla variedade de fenômenos e explicar diversos resultados experimentais, relacionados a fenômenos do mundo contemporâneo.

Trabalhamos na perspectiva de uma aprendizagem significativa que, conforme definida por Moreira (2015, p. 03), envolve uma “interação cognitiva entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios especificamente relevantes”. Ainda segundo Moreira (2015) “nessa interação, o novo conhecimento deve relacionar-se de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) com o que o aprendiz já sabe e este deve apresentar uma predisposição, uma intencionalidade, para aprender” (MOREIRA, 2015, p.03).

A proposta híbrida de ensino trata de uma modalidade que incorpora o aprendizado *on-line* a um programa de educação formal, com a existência de algum elemento de controle por parte do aluno. No modelo de rotação por estações a aprendizagem de uma disciplina ou conteúdo ocorre por meio de estações de pesquisa *on-line*, com instruções conduzidas pelo professor, e estações para realização de atividades individuais e colaborativas (HORN e STAKER, 2015).

A sequência didática foi estruturada em três módulos e utiliza o Google Sala de Aula como Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). A suíte google oferece diversas ferramentas que permitem conectar os conhecimentos escolares com o desenvolvimento científico, tecnológico e histórico vivenciado pela sociedade, no sentido de promover uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) do estudante. Conforme apresentado por Auler (2003, p. 69), por meio de uma perspectiva ampliada, “a ACT deve propiciar uma leitura crítica do mundo contemporâneo, cuja dinâmica está crescentemente relacionada ao desenvolvimento científico-tecnológico, potencializando para uma ação no sentido de sua transformação”.

A seguir apresentamos um resumo dos principais conteúdos trabalhados em cada módulo que compõem o AVA.

- O Módulo I aborda a evolução dos modelos atômicos adotados ao longo da história - Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr, Sommerfeld e Schrödinger - juntamente com suas

contribuições para a evolução da ciência e, conseqüentemente, da sociedade. Em suma, dentro de uma perspectiva de aprendizagem significativa, neste módulo é abordado e apresentado o conhecimento prévio necessário para a estruturação do novo conhecimento a ser alcançado.

- No Módulo II é apresentado o Modelo Padrão da Física de Partículas, destacando suas principais características. Basicamente, esse modelo mostra que toda a matéria do universo é constituída de partículas fundamentais, conhecidas como blocos de constituição da matéria, divididos em dois grupos - quarks e léptons - que interagem entre si por meio de algumas propriedades que são adotadas pelo modelo - geração e cor - e formam novas partículas. O modelo também menciona a existência de quatro forças fundamentais - forte, fraca, eletromagnética e gravitacional - que agem no universo devido à existência de partículas portadoras de força, os bósons.
- O Módulo III faz uma abordagem sobre os trabalhos desenvolvidos no CERN¹ (Organização Europeia de Pesquisas Nucleares) e apresenta algumas das contribuições desses estudos para os diferentes segmentos da sociedade.

Os três módulos foram estruturados com diferentes recursos multimidiáticos, tais como: textos, hipertextos, formulários *on-line*, construção de mapas mentais, uso de simuladores, atividades colaborativas, vídeos, um pôster ilustrativo e uma visita virtual pelos sites do CERN utilizando ferramentas de geotecnologia.

O AVA foi organizado com o objetivo de promover a interação entre os estudantes por meio de atividades individuais e colaborativas numa perspectiva histórico-crítica. Nesse sentido, os módulos foram estruturados observando os contextos históricos, sociais e políticos em que os modelos e teorias abordadas foram desenvolvidos.

A ideia inicial era de realizar a aplicação da sequência didática em duas turmas regulares do ensino médio de uma escola pública estadual. Entretanto, em decorrência da pandemia da Covid-19, deflagrada em março de 2020, as aulas foram suspensas e, por isso, não foi possível realizar a aplicação da sequência didática da forma como pretendida.

Perante a necessidade de dar continuidade ao desenvolvimento deste trabalho, como alternativa, recorreu-se a um processo de revisão por pares (*peer review*) para avaliação e validação do produto educacional e de sua potencialidade como ferramenta de ensino e aprendizagem.

¹ Do francês: *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*.

1.1 JUSTIFICATIVA

A maioria dos aparatos tecnológicos utilizados atualmente pela sociedade apresenta uma explicação pautada nas teorias da FMC, seja nos artefatos e tecnologias utilizados em suas confecções ou no conhecimento necessário à compreensão e ao entendimento de seu funcionamento. Além disso, vivemos na era da *internet* e das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), onde as informações são difundidas em tempo real e em qualquer localidade, alterando as relações sociais como um todo.

Sobre os temas referentes ao conteúdo de FMC, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCNEM) destacam que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (BRASIL, 2002, p. 70).

Mais recentemente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece um conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da educação básica, divididas em quatro áreas do conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

Na Educação Básica, a BNCC define as aprendizagens essenciais para garantir que os estudantes desenvolvam dez competências² gerais que consolidam os direitos de aprendizagem e desenvolvimento no contexto pedagógico. Dentre essas dez competências destacamos a de número cinco:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e

² De acordo com a BNCC, competência é definida como: “a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho”. (BRASIL, 2017, p. 8)

disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BRASIL, 2017, p. 09)

Na parte específica referente a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, observa-se a convergência para uma proposta de trabalho contextualizada, utilizando diferentes recursos multimidiáticos e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), voltada para formação de alunos que sejam capazes de aplicar os conhecimentos adquiridos e procedimentos científicos na resolução de problemas cotidianos. Considerando tais pressupostos, ciência e tecnologia são encaradas não somente como ferramentas capazes de promover uma abertura para novas visões de mundo, mas também para solucionar os inúmeros problemas que acometem a sociedade. Ainda, segundo a BNCC:

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. Na BNCC, portanto, propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. (BRASIL, 2017, p. 549)

Partindo da problemática que envolve o ensino de conceitos da FMC, da evolução das TIC e suas implicações sociais, dos PCNEM e da BNCC levantamos os seguintes questionamentos para a discussão neste trabalho: Tendo em vista a necessidade de formarmos alunos mais críticos e aptos a utilizarem os conhecimentos científicos e os diferentes recursos tecnológicos para solucionarem problemas do dia a dia, quais propostas metodológicas e ferramentas didáticas e tecnológicas estão disponíveis para obtermos êxito enquanto educadores?

Procurando responder os questionamentos anteriores, desenvolvemos uma proposta de sequência didática, organizada em um AVA dentro de um processo híbrido de ensino, que utiliza diferentes recursos multimidiáticos e características do modelo de rotação por estações, para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas e suas implicações sociais, que se apresenta como uma proposta metodológica promissora para se trabalhar conteúdos de FMC.

Devido a necessidade de se utilizar a *internet* na metodologia híbrida de ensino, escolheu-se um AVA para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas devido às diversas contribuições sociais e tecnológicas que o estudo e desenvolvimento desse modelo científico têm proporcionado. Além disso, a evolução dos modelos atômicos apresentada na educação básica geralmente não ultrapassa o modelo de Bohr. Mesmo depois de anos de estudo, o que

prevalece no imaginário dos estudantes ainda é o modelo planetário de Rutherford (JUSTI, GILBERT, 2003; MORTIMER, 1995; SILVA et al., 2021).

O AVA escolhido para o desenvolvimento deste trabalho foi o *Google Sala de Aula* (GSA) por se tratar de uma plataforma gratuita, de fácil manuseio e que pode ser acessada por computadores e, principalmente, *smartphones*. Vale ressaltar que a possibilidade e a facilidade de acesso do GSA por meio do *smartphone* foram fatores de extrema relevância para a escolha desse AVA, uma vez que este trabalho também busca avaliar o uso dessa tecnologia - o *smartphone* - para o ensino do Modelo Padrão.

Sabemos que a inclusão digital ainda está muito distante da realidade de muitos brasileiros. E, por isso, temos ciência que a proposta de uma metodologia desenvolvida integralmente em um AVA pode ser excludente para muitos alunos. Por outro lado, de acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), em 2018 79,1% dos domicílios já tinham acesso à *internet*. No mesmo ano, o percentual de domicílios com *internet* em que o *smartphone* era utilizado para acessá-la alcançou 99,4%, em área rural, e 99,2%, em área urbana. Os resultados crescentes apresentados no PNAD sobre o uso das TIC mostram a necessidade em se realizar estudos acerca da utilização maciça das tecnologias, sobretudo os *smartphones*, justificando os estudos referentes a utilização dessa tecnologia como ferramenta educacional.

1.2 OBJETIVOS

A seguir apresentamos os objetivos geral e específicos do trabalho.

1.2.1 Geral

Desenvolver uma sequência didática para o ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas utilizando o ambiente virtual *Google Sala de Aula*.

1.2.2 Específicos

- Investigar as potencialidades da utilização de ambientes virtuais de aprendizagem e de recursos multimidiáticos como ferramentas de ensino e aprendizagem, sobretudo de conteúdos específicos de Física;

- Analisar a eficácia da utilização do modelo de ensino híbrido para abordar conteúdos específicos de Física e promover uma aprendizagem significativa sobre o conteúdo abordado, além de uma alfabetização científica e técnica;
- Estabelecer o processo de modelização do tema “Modelo Padrão da Física de Partículas” para uma abordagem com alunos do ensino médio;
- Avaliar o uso integrado das tecnologias digitais, sobretudo o *smartphone*, como ferramenta a ser utilizada na educação básica para o ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas.

1.3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho consiste na elaboração de uma sequência didática, estruturada em um ambiente virtual de aprendizagem, para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas com a utilização de diferentes recursos multimidiáticos. Utilizando o modelo de rotação por estações, dentro de uma proposta híbrida de ensino, procuramos promover uma aprendizagem significativa sobre o tema abordado, além de uma alfabetização científica e tecnológica por parte do aluno. Nos capítulos seguintes serão apresentados os desdobramentos dessa proposta de ensino.

As três primeiras seções do capítulo 2 trazem uma breve discussão sobre a evolução dos modelos atômicos e da descoberta das partículas elementares que compõem a matéria até o desenvolvimento do modelo padrão da Física de Partículas. A última seção faz uma abordagem sobre o processo de modelagem para abordar o Modelo Padrão com alunos do ensino médio.

O capítulo 3 é dividido em três seções que abordam questões referentes ao uso das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física. A primeira seção apresenta algumas razões que justificam o uso de ferramentas TIC para o ensino de conteúdos específicos de Física Moderna e Contemporânea. A segunda seção apresenta uma proposta de ensino baseada no contexto da Aprendizagem Móvel. Por fim, a terceira e última seção é destinada a realizar uma breve discussão acerca da modalidade híbrida de ensino, que foi a proposta educacional base utilizada para a elaboração e aplicação do produto educacional.

O capítulo 4, intitulado “Metodologia”, foi dividido em quatro seções. A primeira, dividida em quatro subseções, apresenta uma proposta metodológica para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas, assim como o detalhamento utilizado para a elaboração dos três

módulos que compõem a sequência didática. As seções seguintes detalham o contexto e a maneira como o produto educacional foi aplicado, avaliado e validado como ferramenta educacional.

Os resultados e discussões referentes ao uso da sequência didática como produto educacional para o ensino de conteúdos específicos de Física são apresentados no capítulo 5, que é composto por quatro seções. Cada seção discute, de maneira detalhada, os resultados obtidos após a avaliação de cada módulo, num total de três, de maneira isolada e da sequência como um todo.

Por fim, são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho realizado, iniciando com uma recapitulação da proposta desenvolvida, dos processos de aplicação e avaliação do produto educacional, bem como algumas considerações referentes aos resultados obtidos.

2 A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

Neste capítulo faremos uma breve discussão da evolução dos modelos atômicos e da descoberta das partículas elementares que compõem a matéria até o desenvolvimento do modelo padrão da Física de Partículas.

2.1 BREVE DISCUSSÃO SOBRE EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

Questões referentes à constituição da matéria vêm sendo discutidas desde a antiguidade com a proposição de modelos científicos que buscam compreender a realidade. Alguns dos primeiros modelos atômicos foram propostos pelos gregos Demócrito de Abdera (420 a.C.) e Leucipo (450 a.C.), que afirmavam que toda a matéria é constituída por pequenas partículas denominadas de átomos³. Trata-se de um modelo filosófico, sem nenhuma base científica, em que o átomo é apresentado sem forma definida. Um século mais tarde, Epicuro (340 - 270 a.C.) impôs a primeira alteração doutrinal no modelo de Demócrito introduzindo a ideia de que a matéria não era uma substância contínua, mas sim um arranjo de partículas elementares que se combinam de maneiras diversas para formar as diferentes substâncias.

As explicações sobre a origem da matéria foram surgindo com o desenvolvimento do método experimental, quando se passou a ter a preocupação de propor modelos que encontrassem respaldo nele (DA SILVA, 2017). Nessa perspectiva, em 1808, Dalton (*1766 – † 1844), retomou as ideias dos antigos gregos e conseguiu dar bases científicas a elas por meio dos resultados de experimentos com gases e pela utilização das leis Ponderais de Proust e Lavoisier. Esse modelo ficou conhecido como Modelo da Bola de Bilhar e propõe que a matéria seja constituída por átomos, que são esferas extremamente pequenas, maciças, indivisíveis e indestrutíveis, conforme ilustrado na Figura 1. Vale ressaltar que em 1801 houve a divulgação de sua primeira teoria para as misturas gasosas. Viana (2007) trata tal acontecimento como sendo um evento de extrema relevância, uma vez que essa teoria foi precursora para criação do seu modelo atômico de Dalton.

³ A palavra que vem do grego e significa “algo que não pode ser cortado”, pois se acreditava que átomos eram indivisíveis e a matéria era composta por essas partículas elementares.

Figura 1- Modelo atômico de Dalton.



Fonte: Lopes e Machado (2018, p. 06).

O modelo atômico de Dalton foi baseado nos seguintes postulados:

Os elementos químicos consistem de discretas partículas de matéria, os átomos, que não podem ser subdivididos por qualquer processo químico conhecido e preservam as suas individualidades nas reações químicas. Todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos, particularmente em peso – diferentes elementos têm átomos diferindo em peso. Cada elemento é caracterizado pelos pesos de seus respectivos átomos (MARTINS, 2001, p. 09, apud DA SILVA, 2017, p. 46).

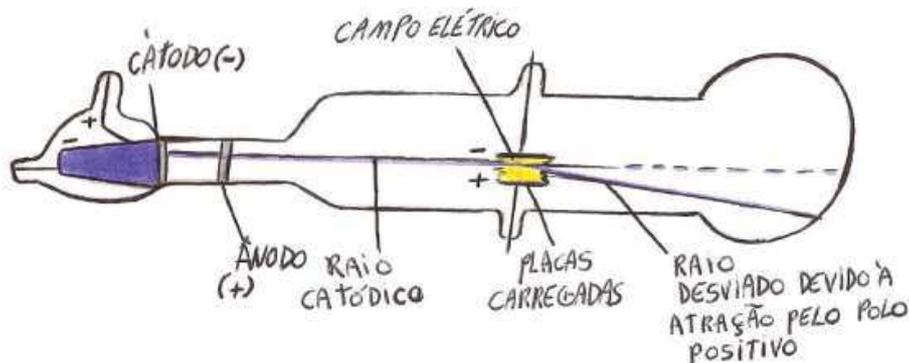
Segundo Viana (2007), Dalton desenvolveu representações atomistas para a compreensão de fenômenos macroscópicos, permitindo que ele operasse sobre um universo invisível. Assim, o desenvolvimento de seu modelo atômico representou uma etapa essencial para os diálogos entre os níveis macroscópicos e microscópicos do conhecimento químico e físico da época. Entretanto, por limitações conceituais e tecnológicas, o modelo de Dalton não contemplava a natureza elétrica da matéria, problema que foi resolvido posteriormente com a construção de outros modelos.

No final do século XIX e início do século XX, a relação entre eletricidade e matéria foi a situação-problema responsável pela formulação de modelos atômicos que levassem em consideração o caráter elétrico do átomo e sua divisibilidade. Segundo Moreira (2014, p. 03), uma situação-problema pode ser vista como uma questão-foco, ou seja, “para resolvê-la, é preciso fazer registros, de um evento que acontece naturalmente ou que se faz acontecer, ou de um determinado objeto de estudo que não é propriamente um evento que existe e pode ser observado”. Tais registros passam por adaptações metodológicas com o objetivo de alcançar as possíveis soluções para a situação-problema.

Essa situação não havia sido considerada por Dalton na formulação de seu modelo. Naquela época, experimentos realizados por William Crookes (*1832 – † 1919) por meio do processo de indução de Faraday, aplicavam descargas elétricas em gases utilizando tubos de vidro - ampolas de Crookes - a baixíssimas pressões e altas voltagens. Como consequência desses experimentos, os raios catódicos, raios X e raios canais (raios anódicos) foram identificados.

Em 1897, Joseph John Thomson (*1856 - † 1940) propôs uma explicação satisfatória ao fenômeno elétrico da matéria, adaptando a ampola de Crookes (ampola de raios catódicos) para testar a natureza elétrica desses raios (THOMSON, 1897). Além de conseguir identificar que as partículas geradas no cátodo eram desviadas pelo eletrodo positivo, independente das outras variáveis do experimento, Thomson determinou o desvio que o raio catódico sofreu (Figura 2), quando exposto a um campo magnético positivo do eletrodo, concluindo que esses raios eram constituídos por feixes de partículas idênticas, de carga negativa, de massa extremamente pequena e de menor carga elétrica, denominadas de corpúsculos, hoje conhecidas como elétrons.

Figura 2- Desvio sofrido pelo raio catódico na ampola de Crookes adaptada por Thomson.



Fonte: Lopes e Machado (2018, p. 07).

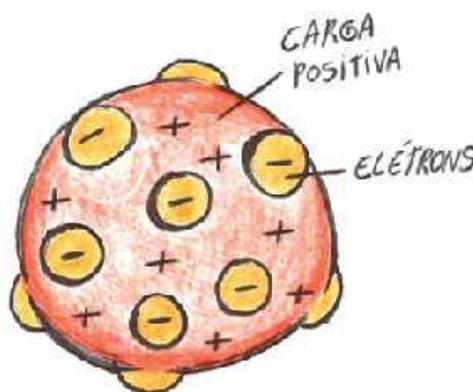
A partir da identificação dos elétrons a periodicidade das propriedades dos elementos químicos, as discussões sobre a origem da eletricidade e como os átomos se ligam para formar moléculas passaram a ser vistas de outra maneira. Thomson também conseguiu medir a relação entre a massa e a carga elétrica do elétron e , posteriormente, Robert Millikan (*1868 - † 1953) conseguiu medir a carga do elétron.

Sobre o estudo dos raios catódicos realizados por Thomson, Caruso e Oguri (1997, apud DA SILVA, 2017, p. 48) indicam que: “Somente com o aperfeiçoamento das técnicas com

trabalho com vidro e das máquinas de fazerem vácuo, que foi possível a construção de aparatos, chamados de tubos de raios catódicos, considerados os primeiros aceleradores de partículas.”

No modelo atômico proposto por Thomson, que utilizava preceitos do modelo de Dalton (massas dos átomos), o átomo seria formado por uma esfera positiva incrustada por elétrons que podiam se deslocar no seu interior garantindo a neutralidade (Figura 3). O átomo teria ainda o aspecto de ameixas em um pudim e por esse motivo ficou conhecido como “modelo pudim de ameixa” ou “pudim com passas”. Thomson não explicou a origem da carga positiva focando seu trabalho apenas nos elétrons. Foi o primeiro modelo que levou em consideração a divisibilidade do átomo e permitiu a explicação das propriedades periódicas, ligações químicas e formação dos íons.

Figura 3- Modelo atômico proposto por Thomson.



Fonte: Lopes e Machado (2018, p. 09).

Abdalla (2006a, p.35, apud DA SILVA, 2017, p. 48) destaca as principais características do átomo adotadas no modelo atômico de Thomson:

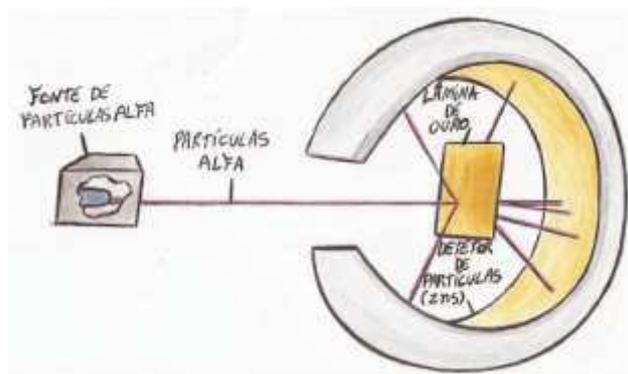
[...] o átomo seria formado por uma massa uniforme carregada positivamente, suplementada por cargas esparsas carregadas negativamente. Os elétrons seriam atraídos ao centro da distribuição de cargas positivas e repelidos entre si pela lei de Coulomb. O estado estável do átomo nesse modelo seria atingido quando as duas forças, de atração e de repulsão, se equilibrassem.

No mesmo período da elaboração do modelo de Thomson, diversos experimentos referentes às características radiativas dos elementos também estavam sendo realizados, o que levou os cientistas a questionarem algumas características desse modelo frente aos novos fenômenos. Esses fenômenos apresentam-se como uma nova situação-problema que veio para corroborar com o processo de evolução dos modelos atômicos.

Thomson teve como discípulo Ernest Rutherford (*1871 - † 1937) que se dedicou à pesquisa sobre radioatividade e Física Nuclear que lhe rendeu, em 1908, o Prêmio Nobel de Química por investigações sobre a Química de substâncias radioativas e a desintegração de elementos. Rutherford e o químico Frederick Soddy (*1877 - † 1956) trabalharam com o urânio e detectaram dois tipos de radiação emitida por este elemento, denominadas de raios alfa e raios beta. Rutherford determinou a relação entre a massa e a carga das partículas alfa e interpretou estas partículas como sendo núcleos de hélio. Os experimentos realizados com as partículas alfa foram essenciais para a formulação do modelo atômico de Rutherford que ocorreu posteriormente.

Com o auxílio de seus alunos Hans Geiger (*1882 - † 1945) e Ernest Marsden (*1889 - † 1970), Rutherford realizou diversas experiências com partículas alfa para avaliar os desvios sofridos por elas e seu poder de penetração ao tentar atravessar finíssimas lâminas de diferentes metais. Nesses experimentos, Rutherford pôde verificar que a maioria das partículas atravessava as lâminas - obtendo maior sucesso com as lâminas de ouro - sem sofrer desvios, algumas recuaram e outras eram desviadas de sua trajetória original, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4- Experimento de Rutherford.



Fonte: Lopes e Machado (2018, p. 11).

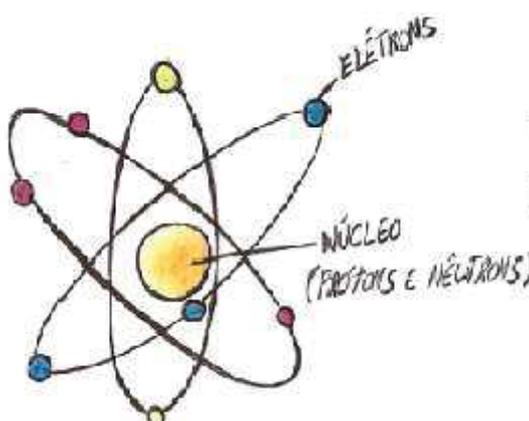
Com os resultados obtidos foi deduzido que as lâminas não eram formadas por átomos maciços e justapostos, como mencionado no modelo atômico de Thomson, pois as partículas alfa as atravessavam como se fossem peneiras, o que o levou a concluir que os átomos seriam formados por grandes espaços vazios.

Para Rutherford a carga positiva não estava distribuída pelo átomo, mas se concentrava na região central, denominada de núcleo, o que ocasionaria os desvios - quando passavam

próximas - ou a volta das partículas alfa, por repulsão elétrica, quando atingissem o núcleo. A quantidade de partículas que não sofreram desvio em comparação com as outras situações (partículas que atravessaram a lâmina e partículas que recuaram) levou Rutherford a concluir que a região central seria muito pequena quando comparada com a região periférica, denominada de eletrosfera.

O modelo atômico de Rutherford, proposto em 1911, apresentava um núcleo compacto e com carga elétrica positiva, onde se concentra a maior parte da massa do átomo, e uma região periférica, com grandes espaços vazios por onde circulavam as partículas com carga negativa (elétrons), conforme Figura 5. Portanto, o modelo atômico de Rutherford estabeleceu as noções de núcleo atômico - que concentra praticamente toda a massa do átomo - e de eletrosfera onde os elétrons orbitam em torno do núcleo, semelhante ao sistema solar, em que o Sol representa o núcleo e os planetas os elétrons. Os elétrons se mantinham ligados ao núcleo por intermédio da força elétrica que faria o papel de força centrípeta, mantendo-os em movimento circular.

Figura 5- Modelo atômico de Rutherford.



Fonte: Lopes e Machado (2018, p. 13).

Embora o modelo proposto por Rutherford tenha conseguido apresentar dados experimentais consistentes, continha alguns problemas relacionados à sua estabilidade, ou seja, gerava novas situações-problema. O modelo proposto por Rutherford não explicava, por exemplo, o fato de o núcleo não se desfazer devido a repulsão elétrica, além de contrariar as leis de Maxwell sobre eletrodinâmica, que afirmavam que partículas elétricas em movimento irradiam energia continuamente fazendo com que os elétrons se deslocassem em espiral e caíssem sobre o núcleo, o que tornaria o modelo inviável.

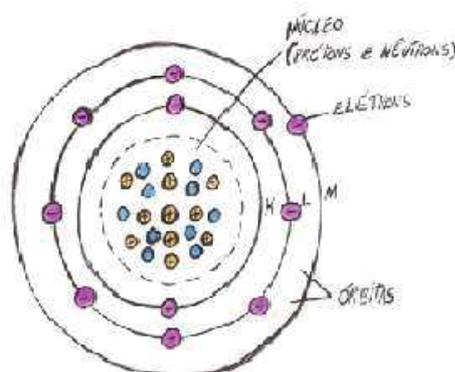
Empossado dessas novas situações-problema, o físico dinamarquês Niels Henrick David Bohr (*1885 - † 1962) recorreu a teoria quântica proposta por Planck⁴ para resolvê-las. O modelo atômico de Bohr utilizou as teorias propostas para o mundo subatômico para esclarecer as situações-problema não contempladas por Rutherford. Segundo a teoria quântica a energia não é emitida de forma contínua, mas em pacotes de energia bem definidos conhecidos como quantum de energia. Sobre os processos de emissão e absorção de energia pela matéria, Abdalla (2006a) destaca que:

A absorção e a emissão de energia pela matéria dão-se através de “pacotes discretos”, ou seja, quantidades bem definidas de energia. Quando vemos uma brasa brilhando na fogueira, percebemos a emissão de calor – radiação infravermelha – como um processo contínuo; entretanto, isso se deve ao enorme número de “pacotes de energia” emitidos pelos átomos de carbono do carvão. No nível atômico, a emissão dá-se efetivamente através de “pacotinhos de calor” (apud DA SILVA, 2017, p. 51).

Os pressupostos básicos do modelo postulado por Bohr são:

- As leis de Newton são usadas para descrever o movimento orbital do elétron ao redor do núcleo atômico, o que não acontece durante as transições entre órbitas. A mecânica das órbitas também propunha que níveis mais distantes do núcleo apresentam maiores valores de energia, tendendo hipoteticamente ao infinito, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6- Modelo atômico de Bohr.



Fonte: Lopes e Machado (2018, p. 14).

⁴ No mundo subatômico as partículas obedeciam a outras leis como já indicava o efeito fotoelétrico e o estudo dos raios Roentgen.

- O elétron pode ocupar somente determinadas órbitas específicas ao redor do núcleo. Tais órbitas apresentam um nível mínimo de energia, denominado de estado fundamental do átomo, responsável pela manutenção dos elétrons em suas órbitas ao redor do núcleo. A expressão “quantização do momento angular” diz respeito à medida do momento angular (L) do elétron, que só pode apresentar valores que são múltiplos inteiros da constante de Planck (h) dividida por 2π , conforme Equação (1):

$$L = (h/2\pi) \cdot n \quad n = (1, 2, 3, 4, \dots) \quad (1)$$

- Existência de órbitas estacionárias⁵ em que os elétrons, quando giram ao redor delas, não absorvem e nem emitem energia mantendo-se estáveis. O elétron pode mudar de nível de energia (E) por absorção ou emissão de radiação eletromagnética que depende da frequência (ν), constante de Planck⁶ (h), velocidade da luz⁷ (c) e do comprimento de onda (λ), conforme Equação (2):

$$E = h\nu = hc/\lambda \quad (2)$$

Como já esperado, o modelo atômico de Bohr apresentou limitações, ou seja, esbarrou em questões que não poderiam ser explicadas pela teoria proposta, criando novas situações-problemas. Quando se tratava de elementos diferentes do hidrogênio, o modelo proposto por Bohr não conseguia explicar a linha espectral formada por elementos com mais elétrons.

Os espectros de emissão de átomos com mais elétrons são constituídos por um conjunto de linhas, denominadas de espectro de raia. Elétrons que ocupam uma mesma camada, quando excitados, apresentaram comportamento espectral semelhantes. Além de Arnold J. W. Sommerfeld (*1868 - † 1951), outros cientistas como Louis de Broglie (*1892 - † 1987), Werner Heisenberg (*1901 - † 1976) e Erwin Schrödinger (*1887 - † 1961) propuseram alterações ao modelo de Bohr.

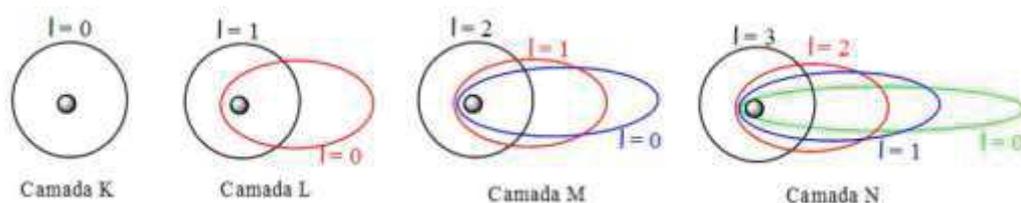
⁵ Tais órbitas são denominadas de níveis ou camadas de energia (K, L, M, N, O, P e Q, sendo a camada K = nível 1; L = nível 2; M = nível 3...), onde, teoricamente, os elétrons estariam orbitando em suas trajetórias esféricas.

⁶ $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$.

⁷ $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$.

Em 1916, Arnold. J. W. Sommerfeld interpretou as linhas espectrais justapostas formadas por elementos diferentes do hidrogênio. Segundo ele, as camadas de energia enunciadas por Bohr são constituídas por subcamadas que descrevem órbitas elípticas com diferentes momentos angulares, como representado na Figura 7. Tais órbitas indicaram um segundo número quântico que descreve as subcamadas de energia e o seu momento angular.

Figura 7- Modelo atômico de Sommerfeld.



Fonte: Infoescola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/modelo-atomico-de-sommerfeld/>> Acesso em 01 de mar. 2021.

Através da atribuição do segundo número quântico, Sommerfeld conseguiu explicar como os espectros de emissão apresentavam o fenômeno de linhas múltiplas⁸ nas raias espectrais. A introdução dos conceitos relacionados aos subníveis de energia permitiu explicar a existência de espectros compostos por linhas justapostas, porém ainda se mantiveram dúvidas com relação aos espectros de emissão obtidos sob a ação de intensos campos magnéticos, que exibiam novas bandas espectrais.

O surgimento dessas novas bandas espectrais se apresentou como uma nova situação-problema, em que foi proposto que o elétron iria interagir com o campo magnético, acumulando energia e alterando o seu momento magnético, permitindo a determinação do terceiro número quântico (número quântico magnético). Um quarto número quântico - o número quântico de *spin* - em que o elétron executa o movimento de rotação em dois sentidos: paralelo e o antiparalelo - foi proposto ao se analisar os espectros finos da primeira série de Balmer⁹ que apontou a existência de duas linhas muito próximas.

Utilizando as equações de Einstein e Planck, em um momento em que teorias e experimentos confrontavam resultados recentes com resultados anteriores contraditórios, Louis

⁸ Estas múltiplas linhas seriam os subníveis de energia que compõem o nível ou camada de energia e estes subníveis foram caracterizados como “s”, “p”, “d” e “f”, derivados de conceitos relativos à espectroscopia.

⁹ Johann Jakob Balmer é mais lembrado por seu trabalho em séries espectrais em 1885. Sua principal contribuição foi uma fórmula empírica para as linhas espectrais visíveis do átomo de hidrogênio. https://en.wikipedia.org/wiki/Johann_Jakob_Balmer

de Broglie inseriu o caráter dual da luz para a matéria, em que todas as partículas da matéria, em movimento, apresentariam propriedades ondulatórias que ficou conhecido como Dualidade Partícula-Onda. Segundo de Broglie, a matéria - como átomos, moléculas, prótons, nêutrons e não somente aos elétrons - também pode apresentar tal comportamento dual. Em suma, de Broglie atribui um comprimento de onda de matéria para qualquer massa que apresente uma determinada velocidade.

Em 1927, o físico alemão Werner Heisenberg enunciou o Princípio da Incerteza¹⁰ que limitou o reconhecimento do movimento efetuado por partículas tão pequenas como o elétron. O modelo atômico proposto por Bohr, no qual o elétron percorre uma órbita circular bem definida e seu momento angular pode ser calculado, foi substituído pela probabilidade de encontrar o elétron em uma determinada posição, conhecida como orbital.

Provido das ideias de de Broglie sobre o comportamento dual da matéria, em 1927, o físico austríaco Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger criou uma equação para descrever o comportamento de átomos simples e de sistemas complexos, o que não era possível com os modelos propostos anteriormente. A equação de Schrödinger fornece todas as informações associadas à partícula que se movimenta em três dimensões nos estados de energia, além de caracterizar o elétron por quatro parâmetros¹¹. Também, para um mesmo átomo, não há dois elétrons que apresentem os mesmos números quânticos.

2.2 DESCOBERTA DE NOVAS PARTÍCULAS ELEMENTARES: LÉPTONS, QUARKS E PARTÍCULAS MEDIADORAS

Nas subseções seguintes serão apresentadas, de maneira sucinta, como se deu a descoberta de novas partículas de extrema importância para o desenvolvimento do Modelo Padrão da Física de Partículas.

¹⁰ O princípio da incerteza de Heisenberg indica que é difícil conhecer e medir, simultaneamente, o momento (massa, tempo e velocidade) e a posição do elétron com algum grau de certeza (HEISENBERG, 1933, apud SILVA, 2013).

¹¹ Tais parâmetros são denominados de números quânticos, que são: principal, secundário, magnético e spin.

2.2.1 Léptons

Em 1931, foi proposto pelo físico teórico britânico Paul Adrien Maurice Dirac (*1902 - † 1984) uma partícula que apresentava a mesma massa do elétron, embora com carga elétrica positiva. No mesmo ano, o pósitron - ou antielétron - foi observado em laboratório pelo físico estadunidense Carl David Anderson (*1905 - † 1991) durante seus estudos sobre raios cósmicos.

No *Savannah River*¹², no ano de 1956, o neutrino do elétron foi observado experimentalmente. Além disso, em 1962, foi observado a primeira evidência do neutrino do múon, descoberta esta que foi agraciada com o prêmio Nobel de 1995. Um novo lépton - denominado tau - foi descoberto pelo físico estadunidense Martin Lewis Perl (*1927 - † 2014) em 1976. A existência de outra partícula - denominada de neutrino tauônico - foi deduzida logo após a detecção do tau (SOUSA, 2016).

2.2.2 Quarks

Após a descoberta do próton por Ernest Rutherford (1919) e do nêutron, em 1932, pelo físico britânico James Chadwick (*1891 - † 1974), em 1955 o antipróton foi observado e, dois anos mais tarde, o antinêutron. No ano de 1964 o físico estadunidense Murray Gell-Mann (*1929 - † 2019) propôs que todos os hádrons (partículas que possuem estrutura interna) seriam formados por três partículas - *up*, *down* e *strange* - às quais nomeou de quarks. Os quarks, além de apresentar carga elétrica fracionária, nunca foram detectados de maneira isolada e se agrupam de duas maneiras distintas - formando os hádrons - que se dividem em mésons (constituídos por um quark e um antiquark) e bárions (constituído por três quarks). No mesmo ano, um novo número quântico - a cor - foi proposta pelos físicos Yōichirō Nambu (*1921 - † 2015) e Moo-Young Han (*1934 - † 2016).

Ainda no ano de 1964 foi proposta a existência de uma nova partícula denominada de quark charm, que foi observado em 1974. Em 1977, o físico estadunidense Leon Max Lederman

¹²É uma reserva nuclear localizada no estado da Carolina do Sul, Estados Unidos. O local foi construído na década de 1950 para refinar materiais nucleares para uso em armas nucleares. https://en.wikipedia.org/wiki/Savannah_River_Site

(*1922 - † 2018) observou a primeira evidência do méson úpsilon, indicando a existência de uma terceira família de quarks. O último quark descoberto foi em 1995 no Fermilab¹³.

2.2.3 Partículas Mediadoras

Segundo o Modelo Padrão existem quatro interações fundamentais, cada uma relacionada a uma propriedade da matéria - cor, carga fraca, carga elétrica e gráviton - resultado da troca de partículas, conhecidas como partículas mediadoras, que são pertencentes a um grupo denominado de bósons. Cada bóson - glúon, W e Z, fóton e gráviton - vai ser responsável por um tipo de interação - forte, fraca, eletromagnética e gravitacional, respectivamente.

O físico teórico japonês Hideki Yukawa (*1907 - † 1981) previu a existência dos mésons, o que lhe rendeu o prêmio Nobel em 1949. Quinze anos depois, o físico britânico Peter Ware Higgs propôs um mecanismo responsável por gerar a massa das partículas W e Z. Ainda na década de 1960, vários modelos sobre as forças de interação entre partículas elementares - eletrofraca e eletromagnéticas - estavam sendo elaborados e fundamentados por diversos cientistas.

Uma nova partícula, o glúon, teve sua existência confirmada no ano de 1979. Quatro anos após a confirmação da existência do glúon, os bósons W e Z, que são mediadores da interação fraca, foram descobertos pelo físico italiano Carlo Rubbia e pelo físico neerlandês Simon van der Meer (*1925 - † 2011), o que lhes rendeu o prêmio Nobel no ano de 1984. Somente no ano de 2012 os bósons de Higgs foram descobertos no *Large Hadron Collider* (LHC), rendendo ao Prof. P. Higgs o Nobel em 2013.

Segundo o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), o LHC é o maior acelerador de partículas do mundo, com 27 quilômetros de diâmetro e instalado a 100 metros de profundidade do solo. É considerado o aparato científico mais importante já criado na história da ciência, com custo estimado de US\$ 8 bilhões, desenvolvido no CERN¹⁴. No LHC são utilizados ímãs supercondutores para a aceleração de partículas que são resfriados por um grande sistema criogênico. “O uso extensivo de ímãs supercondutores, leva ao aprendizado da construção dos mesmos e a técnicas de criogenia. Esses desenvolvimentos são traduzidos

¹³Fermi National Accelerator Laboratory, fundado em 1967, é um laboratório especializado em Física de Partículas de alta energia do Departamento de Energia dos Estados Unidos no estado de Illinois. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fermilab>

¹⁴Segundo o CNPEM, o CERN (Organização Europeia de Pesquisas Nucleares) é um centro de pesquisa localizado na fronteira entre a França e a Suíça, onde pesquisas são desenvolvidas acerca das estruturas fundamentais constituintes da matéria e do Universo, com a utilização de instrumentos de altíssima complexidade e tecnologia.

em máquinas menores que são aplicadas à medicina”, menciona Oscar Eboli (CNPEM, 2019), professor do Departamento de Física Matemática da Universidade de São Paulo.

Além das importantes descobertas científicas referentes aos constituintes da estrutura da matéria que são desenvolvidas no CERN, os grandes aceleradores de partículas permitem o desenvolvimento das mais variadas tecnologias com importantes consequências para o avanço nas áreas de materiais, energia, medicina, entre outras.

Pelo que foi descrito nas seções anteriores, nota-se que a evolução dos modelos atômicos adotados ao longo da história, até o modelo atual - o Modelo Padrão da Física de Partículas - ocorreu de forma sistêmica e colaborativa.

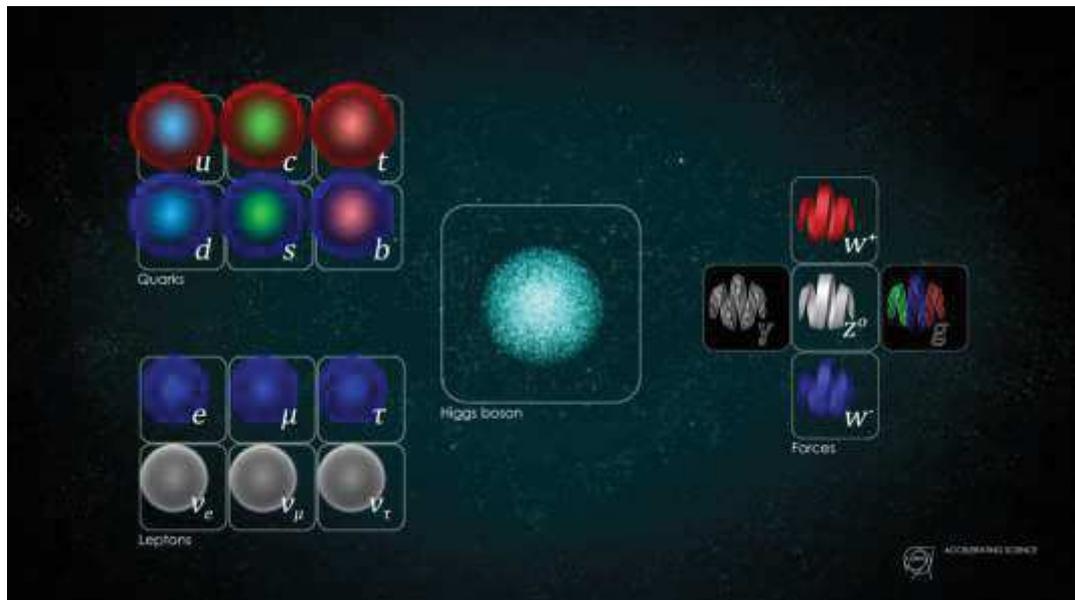
2.3 O MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

Os diferentes modelos atômicos adotados ao longo da história corroboraram para a descoberta e o entendimento das partículas constituintes da matéria. Segundo Oliveira et. al. (2010, p. 492), citado por Sousa (2016, Apêndice A, p. 20),

[...] o modelo padrão funciona como uma espécie de tabela periódica de partículas, com a vantagem de ser mais sintética e constituir uma referência teórica, pois serve de guia para os experimentos. As previsões obtidas a partir dele foram confirmadas por experimentos com precisão incrível, e todas as partículas previstas por essa teoria já foram encontradas.

Ainda sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas, o CERN menciona que se trata de um modelo que se baseia no fato de que tudo no universo é constituído a partir de alguns blocos de construção básicos, chamados de partículas fundamentais e que são governados por quatro forças. Toda a matéria é constituída por partículas elementares, denominadas de blocos de construção da matéria, que ocorrem, basicamente, em dois grupos: quarks e léptons. Cada grupo consiste em seis partículas que são relacionadas em pares. Os pares, ou gerações, separam as partículas conforme o peso e a estabilidade que apresentam. A primeira geração é constituída por partículas mais leves e estáveis, enquanto as partículas mais pesadas e menos estáveis pertencem à segunda e terceira gerações. Conforme o Modelo Padrão, ilustrado na Figura 8, a matéria estável contida no universo é formada por partículas pertencentes à primeira geração, sendo que as partículas mais pesadas e menos estáveis decaem rapidamente para outras mais estáveis.

Figura 8- Modelo Padrão da Física de Partículas.



Fonte: Daniel Dominguez / CERN¹⁵.

No que se referem às partículas fundamentais, os quarks - no total de seis - são pareados em três gerações, conforme apresentado Quadro 1:

Quadro 1- Gerações e partículas constituintes dos quarks.

Geração	Partículas
Primeira	quark up e quark down.
Segunda	quark charm e quark strange.
Terceira	quark top e bottom quark.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os quarks também se apresentam em três "cores" diferentes e se misturam apenas de maneira a formar objetos incolores. Segundo Beal (2018, p. 46), a palavra “cor”, neste caso, trata de um “novo tipo de carga da natureza que possui a propriedade de ser neutra mediante a combinação de três cores distintas (i.e. verde+vermelho+azul= branco)”.

¹⁵ Legenda: Quarks: up (u), down (d), charm (c), strange (s), top (t) e bottom (b). Léptons: elétron (e), múon (μ), tau (τ), elétron neutrino (ν_e), múon neutrino (ν_μ) e tau neutrino (ν_τ). Forças: eletromagnética (γ), fraca (W⁺, W⁻ e Z⁰) e forte (g).

Os léptons, também em um total de seis, estão dispostos de maneira semelhante aos quarks, conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2- Gerações e partículas constituintes dos léptons.

Geração	Partículas
<i>Primeira</i>	elétron e elétron neutrino.
<i>Segunda</i>	múon e múon neutrino.
<i>Terceira</i>	tau e tau neutrino.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O elétron, o múon e o tau têm massa considerável e carga elétrica, enquanto os neutrinos possuem pouca massa e são eletricamente neutros.

Segundo o CERN (2020), das “quatro forças fundamentais” que agem no universo, três delas resultam da troca de partículas portadoras de força, pertencentes a um grupo denominado de bósons. As quatro forças fundamentais são: força forte, força fraca, força eletromagnética e força gravitacional. Essas forças trabalham em faixas diferentes e têm magnitudes diferentes sendo a força gravitacional a mais fraca, mas de alcance infinito. Assim como a força gravitacional, a força eletromagnética também tem alcance infinito, porém é muito mais forte que a gravitacional. As forças fracas e fortes são observáveis apenas no nível de partículas subatômicas e são eficazes apenas em um intervalo muito curto de tempo. A força fraca é mais forte que a força gravitacional, mas é mais fraca que as outras duas. Dentre as quatro interações fundamentais, a força forte, conforme o próprio nome sugere, é a mais forte de todas.

As partículas constituintes da matéria transferem quantidades discretas de energia por intermédio da troca de bósons entre si e cada força fundamental, segundo o Modelo Padrão, tem seu próprio bóson correspondente, conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3- Bósons correspondentes às forças fundamentais da natureza.

Forças fundamentais	Bósons correspondentes
<i>Força forte</i>	glúon.
<i>Força eletromagnética</i>	fóton.
<i>Força fraca</i>	bósons W e Z.
<i>Força gravitacional</i>	graviton*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

* Partícula ainda não encontrada.

O Modelo Padrão engloba as forças fortes, fracas e eletromagnéticas, além de todas as suas partículas transportadoras, explicando como essas forças agem em todas as partículas da matéria. Entretanto, esse modelo não engloba a força gravitacional devido ao fato de que em escala atômica o efeito da gravidade é muito fraco, ao ponto de tornar-se insignificante. Além disso, não é possível blindar a força gravitacional, assim como fazemos, por exemplo, com a eletromagnética. Isso indica que a "força gravitacional" é parte da própria estrutura geométrica do espaço. Levar a gravitação em consideração significa, em um certo sentido, construir uma teoria de gravitação quântica. Isso ainda é um dos grandes problemas atuais.

Ainda sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas, Oliveira et. al. (2010, p. 492, apud SOUZA, 2016, Apêndice A, p. 20) apresentam outras perguntas que devem ser respondidas, que são:

Por que há mais matéria do que antimatéria no Universo? O que é a matéria escura, que parece permear todo o Universo, interagir gravitacionalmente e não ser detectada? Os quarks e os léptons são realmente elementares ou são constituídos de partículas mais fundamentais?

Da mesma forma que os modelos atômicos adotados anteriormente, o Modelo Padrão da Física de Partículas não fornece explicações para alguns fatos, conforme mencionado no parágrafo anterior, gerando novas situações-problema.

2.4 MODELAGEM E O MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

Na tentativa de trazer a realidade para um plano conceitual, Brandão et al. (2011) apresentam dois tipos distintos de abordagem teórica: a abordagem do tipo representacional e a abordagem do tipo fenomenológico.

Na abordagem teórica do tipo representacional “se opta por uma descrição detalhada e profunda de alguns aspectos da realidade, mediante a introdução de variáveis hipotéticas, de modo a explicitar os mecanismos internos (não-observáveis) do sistema, processo ou fenômeno de interesse”. Já na abordagem teórica do tipo fenomenológica “se busca uma abordagem mais direta, isto é, mais próxima aos dados empíricos disponíveis e que faz uso de variáveis externas

(observáveis) do tipo entrada-e-saída¹⁶, de modo a descrever o comportamento externo do sistema” (BRANDÃO et al., 2011, p. 511).

Segundo Bunge¹⁷ (1974), essas abordagens não devem ser tratadas de maneira isolada e não se deve preferir um tipo em detrimento de outro. Além disso, as abordagens teóricas por si só não se aplicam diretamente às coisas do mundo real, fazendo do processo de modelagem um importante recurso para a produção do conhecimento científico (apud BRANDÃO et al., 2011).

Brandão et al. (2011, p. 508) apresentam a modelagem científica “como o abrangente processo de construção, validação, uso e revisão de modelos científicos”. Os mesmos autores ainda destacam que a modelagem científica exige a participação dos estudantes e professores em espaços que proporcionam uma reflexão sobre os propósitos referentes aos processos de ensino e aprendizagem de conteúdos de Ciências, sobreposto com o conteúdo disciplinar a ser aprendido. Nesse entendimento, os modelos caracterizam as ideias fundamentais das teorias com o respaldo de conceitos que já estão familiarizados pelos cientistas antes da elaboração delas. Ainda, dentro de uma visão bungeana, para a elaboração de um modelo conceitual, faz-se necessário o seu acolhimento por uma teoria geral que permita o estabelecimento de relações dedutivas. De uma forma geral, o processo de modelagem científica é baseado no fato de que teorias gerais, ao acolherem modelos conceituais, produzem representações simplificadas de parte da realidade, ou seja, modelos teóricos que fornecem soluções a situações-problema específicas.

Para Brockington e Pietrocola (2016), a construção de modelos pela Ciência tem por objetivo o entendimento do real e busca transformar situações complexas em situações mais simples que podem ser tratadas por meio das teorias disponíveis. Nesse processo, simplificações, abstrações e idealizações são implementadas, sem que os limites e possibilidades de tais opções sejam esquecidas, fazendo com que o modelo fique condicionado às mesmas. “Logo, a modelagem científica é imprescindível para a construção da ciência e, também, para o seu ensino” (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2016, p. 389).

A utilização de modelos simplificados, que tenham como finalidade auxiliar o professor a inserir determinados conhecimentos científicos em suas aulas, é uma prática que

¹⁶ No estudo de Cinemática, em termos de variáveis de entrada, temos tempo. Já as variáveis de saída podem ser a posição, velocidade ou aceleração, por exemplo.

¹⁷ Mario Bunge (1919) - filósofo e físico argentino, PhD em Física-Matemática - é um teórico da ciência pertencente à tradição analítica e possui diversos escritos relacionados à filosofia da tecnologia em que discute a influência que o método exerce para a constituição da ciência como um tipo de conhecimento racional e sistemático, distinto de outros tipos de conhecimento empíricos e populares (SZCZEPANIK, 2011).

pode e deve ser realizada no processo de Alfabetização Científica e Técnica (ACT). Bettanin e Alves Filho (2003) citam Fourez (1995) que define a ACT como sendo uma ferramenta na qual os indivíduos possam articular os conhecimentos disciplinares que adquiriram em enfoques interdisciplinares. Tal articulação irá permitir que as situações-problema, vivenciadas no cotidiano, não sejam abordadas de maneira isolada do desenvolvimento histórico, tecnológico e científico.

A utilização de modelos e do processo de modelagem científica, como “ferramentas” para uma ACT, se apresentam como alternativas para a inserção de temas relacionados à Física Moderna e Contemporânea devido à sua complexidade. De acordo com Fourez (1997, p. 81, apud BETTANIN, 2003, p. 02):

[...] uma alfabetização científica e técnica deve passar por um ensino de ciências em seu contexto e não como uma verdade que será um puro fim nela mesma. Alfabetizar técnico-cientificamente não significa que se dará cursos de ciências humanas no lugar de processos científicos. Significará sobretudo que se tomará consciência de que as teorias e modelos científicos não serão bem compreendidos se não se sabe por que, em vista de que e para que foram inventados.

Na ótica bungeana, os modelos são utilizados na medida em que se busca relações entre as teorias e os dados empíricos, sendo estes os intermediários entre as duas instâncias - conceitos e medidas - do fazer científico, menciona Pietrocola (1999). O mesmo autor ainda cita os três elementos, definidos por Bunge (1973), que são fundamentais no processo de modelização:

1- Teoria geral - se aplica potencialmente a qualquer parte da realidade, mas é impotente por si só na resolução de problemas;

2- Objeto-modelo – que se constituem em imagens conceituais dos elementos pertencentes a um sistema real que se pretende interpretar por meio de uma teoria geral.

3- Modelo teórico – "...é um sistema hipotético-dedutivo que concerne a um objeto-modelo" (Bunge, 1974, p. 16, apud. PIETROCOLA, 1999) e "[...], é obtido pela adjunção de suposições subsidiárias a uma estrutura geral... cobrindo uma espécie em vez de um gênero extenso de sistemas físicos".

O Quadro 4 foi baseado no processo de modelização, proposto por Bunge (1973), para abordar conceitos de Física contemporânea, no caso Física de Partículas, com alunos da educação básica.

Quadro 4 - Modelização do tema “Física de Partículas” para uma abordagem na educação básica.

<i>Situação-problema</i>	<i>Objeto modelo</i>	<i>Teoria geral</i>	<i>Modelo teórico</i>
Constituição da matéria.	Toda matéria do universo é constituída por partículas fundamentais que são governadas por quatro forças fundamentais.	Física Moderna e Contemporânea.	Modelo Padrão da Física de Partículas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 4 indica que “toda matéria do universo é constituída por partículas fundamentais que são governadas por quatro forças fundamentais” se mostra como uma representação teórica possível para a situação-problema, que no caso é a “constituição da matéria”, cujas relações básicas existentes podem ser obtidas por meio de conceitos específicos de Física Moderna e Contemporânea - teoria geral - por intermédio do Modelo Padrão, que se apresenta como um modelo teórico. Lembrando que os modelos teóricos gerados a partir das teorias gerais podem e devem ser testados experimentalmente, contestados e gerarem novas situações-problema.

3 O USO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo apresentaremos algumas razões que justificam o uso de ferramentas TIC para o ensino de conteúdos específicos de Física Moderna e Contemporânea, assim como uma proposta de ensino baseada no contexto da Aprendizagem Móvel (*Mobile Learning* ou *m-learning*). Também foi realizada uma breve discussão acerca da modalidade híbrida de ensino, que foi a proposta educacional base utilizada para a elaboração e aplicação do produto educacional.

3.1 POR QUE ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS COM FERRAMENTAS TIC?

Atualmente os progressos tecnológicos experimentados pela sociedade contemporânea têm ocorrido em uma velocidade espantosa. Além dos diferentes dispositivos que auxiliam as atividades cotidianas, o acesso à informação e a comunicação ocorrem em tempo real, chegando a qualquer parte do planeta por meio de *tablets* e *smartphones* que tenham acesso a *internet*. Essa nova configuração de acesso e disseminação das informações atuaram diretamente em mudanças nos segmentos políticos, culturais, científicos e econômicos (SILVA, 2015).

O rápido avanço tecnológico fez com que o modo de vida das pessoas fosse alterado, consequência do desenvolvimento científico ocorrido nos últimos anos. A universalização e o fácil acesso às informações por intermédio das Novas Tecnologias de Informação e de Comunicação (NTICs) possibilitam a utilização de diferentes modelos de ensino. Velloso (2014) conceitua NTICs como “artifícios utilizados para agilizar, horizontalizar e facilitar a captação, a transmissão e a distribuição de informações em rede, surgidos no contexto da Terceira Revolução Industrial, desenvolvida gradativamente desde a metade da década de 1970, com seu auge nos anos de 1990” (apud BARROSO e ANTUNES, 2016, p. 125). Tais tecnologias possuem um grande potencial para apoiar as atividades do professor e, como mencionado por Barroso e Antunes (2016, p. 125), promover “o intercâmbio de informações, a visualização de forma mais clara dos recursos e o ensino colaborativo”.

Entretanto, observa-se que na escola, enquanto espaço formal de educação, poucas mudanças ocorreram, sobretudo no que se referem às metodologias de ensino e aos conteúdos de Ciências presentes na grade do ensino escolar (SIQUEIRA, 2012). No que diz respeito ao ensino de Física na escola, Siqueira (2012) mostra que os conteúdos abordados estão pautados

em teorias desenvolvidas até o século XIX, não abrangendo os conhecimentos científicos produzidos nas últimas décadas.

Ostermann e Moreira (2000) realizaram uma revisão da literatura sobre a linha de pesquisa em Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, feita por meio de consultas a artigos em revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegações pela *internet*. A pesquisa teve enfoque em publicações relacionadas ao ensino da Física Moderna e Contemporânea e englobou os primeiros trabalhos publicados nessa linha a partir do final da década de 1970. Foi constatado que “há uma tendência nacional e internacional de atualização dos currículos de Física e muitas justificativas para tal” (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p. 27). Os autores também averiguaram o reduzido número de trabalhos publicados que abordam a problemática sob a ótica do ensino e de propostas de atualização curricular sobre a abordagem de tais conteúdos em sala de aula.

Em trabalho apresentado na V Reunião Latino-Americana de Educação em Física, ocorrida no início da década de 1990, Terrazzan (1992) já destacava a defasagem dos conteúdos de Física que são abordados no segundo grau, assim como sua fragmentação de forma a excluir tanto o nascimento da ciência como as grandes mudanças no pensamento científico ocorridas nas últimas décadas e suas implicações no cotidiano das pessoas. O mesmo autor ressalta ainda que a abordagem de conteúdos contemporâneos de Física é de suma importância para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, e para permitir a formação de um cidadão consciente e participativo para atuar nesse mundo.

A ausência de conteúdos específicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, sobretudo nas escolas públicas, pode ser considerada uma falha grave, tendo em vista que quase metade dos recursos tecnológicos existentes faz uso de conceitos relacionados a esses conteúdos (TIRONI, 2013). Nessa perspectiva, ao abordarmos tópicos específicos de FMC, como exemplo a Física de Partículas, além de tratarmos do tema em si, podemos também considerar o contexto social em que o conhecimento foi desenvolvido e o impacto gerado na sociedade.

3.2 O QUE FAZER PARA ENSINAR FÍSICA DE PARTÍCULAS COM FERRAMENTAS TIC (DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA)?

Levando em consideração a necessidade da implementação de metodologias de ensino mais atuais e de abordar conteúdos específicos de Física Moderna e Contemporânea com alunos

da educação básica, alguns trabalhos discutem propostas e apresentam alternativas para a abordagem de tais conceitos. No que se refere ao ensino de Física de Partículas, alguns dos trabalhos que foram divulgados nos últimos anos trazem algumas propostas para a abordagem desse assunto (ALVES et al., 2010; COSSI JUNIOR, 2014; JÚNIOR, 2015; LONDERO e MOSINAHTI, 2017; OLIVEIRA, 2018; VIANA, 2020). Neste trabalho, além da discussão do Modelo Padrão da Física de Partículas, iremos apresentar uma proposta de ensino que faz uso das NTICs.

Nos últimos anos observamos a rápida difusão de dispositivos móveis na sociedade, especialmente *tablets* e *smartphones*, possibilitando novas oportunidades de inovações metodológicas no processo educacional. Neto e Da Fonseca (2013, p. 02) mostram que essa nova era da aprendizagem móvel é “um novo paradigma educacional, o qual é mais flexível do que a aprendizagem que utiliza computadores tradicionais”, permitindo acessar informações e materiais de aprendizagem a qualquer momento. Os autores ainda destacam que, dada essa nova possibilidade, a tecnologia vem para funcionar, quando bem utilizada, como uma poderosa ferramenta educacional que tem os dispositivos móveis como responsáveis por tornar a “educação portátil” de um ambiente para outro, não limitando a aquisição de conhecimento somente na sala de aula, mas em qualquer outro ambiente que o estudante queira. “As tecnologias móveis ampliam o tempo e o espaço de estudo ao quebrar as barreiras temporais e espaciais, visto que o aluno pode aceder ao material de estudo em diversos momentos e contextos” (MOURA e CARVALHO, 2009, p. 36).

Sobre o impacto do uso de tecnologias de comunicações móveis em ambientes de aprendizagem, Leite (2014, p. 05) apresentou, de forma sucinta, o resultado de alguns estudos que puderam concluir que “a disponibilidade de reforço e acessibilidade das redes de informação, envolvem os alunos na aprendizagem relacionada com atividades em diversos locais físicos e melhoram a comunicação e aprendizagem colaborativa em sala de aula”. Essa nova e promissora maneira de acesso a informações e materiais de aprendizagem é chamada de “Aprendizagem Móvel” (*Mobile Learning* ou *m-learning*), que pode ser definida como:

[...] qualquer tipo de aprendizagem que ocorre quando o estudante não está em um local estático e estipulado, ou no momento em que a aprendizagem acontece quando o estudante “tira” vantagem das oportunidades de aprendizagem oferecidas por tecnologias móveis. [...] O *Mobile Learning* aproveita as potencialidades de dispositivos móveis (celular, PDA, PSP, Pocket PC, Tablet, PC, Netbook) usufruindo de oportunidades de aprendizagem através de diferentes contextos e tempos (LEITE, 2014, p. 05).

Dentre os diversos dispositivos que são compatíveis com o *Mobile Learning*, o *smartphone* é o mais popular e acessível, pois não requer investimentos financeiros por parte das instituições, já que se trata de um aparelho comum no cotidiano de grande parte dos estudantes. Além disso, Da Fonseca (2013, p. 164) apresenta várias justificativas para utilização do *smartphone* nos processos de ensino e aprendizagem:

- a familiaridade, por ser considerada uma tecnologia amigável e comum no cotidiano;
- a mobilidade e portabilidade, que permite levá-lo para qualquer parte;
- os aspectos cognitivos, por meio do contato com uma gama de recursos em vários formatos (texto, som, imagem, vídeo); e
- a conectividade, por intermédio da internet no celular, que amplia as formas de comunicação e o acesso à informação, atributos apontados como potencializadores desta atividade.

Dentro desse contexto, entendemos que os *smartphones* se apresentam como uma ferramenta promissora e de grande potencial para a inserção de conteúdos específicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.

3.3 ENSINO HÍBRIDO: PROPOSTA EDUCACIONAL BASE PARA A ESTRUTURA DE ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO

Schiehl e Gasparini (2016) apresentam um estudo contemporâneo acerca das propostas educacionais atuais que utilizam ferramentas tecnológicas, que, quando bem utilizadas, podem se tornar um recurso metodológico eficaz no ensino e no aprendizado dos nativos digitais. Passarelli et al. (2014, p. 162) definem como nativos digitais:

[...] as pessoas que se apropriam de novas mídias de maneira natural, fluida e apresentam os seguintes aspectos: a recepção de informações de maneira ágil e rápida; a preferência por processos randômicos de acesso aos conteúdos; a tendência ao imagético em detrimento do textual; a realização de atividades multitarefas e processos paralelos, entre outros.

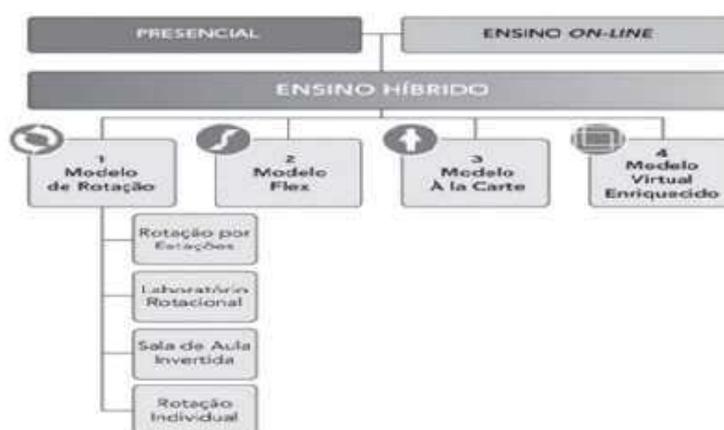
Tais propostas que mesclam a obtenção do conhecimento pelos alunos por intermédio do ensino tradicional junto com ferramentas tecnológicas é denominado de ensino híbrido. Horn

e Staker (2015) definem a modalidade de ensino híbrido como sendo qualquer programa de educação formal em que o estudante possa aprender algum conteúdo *on-line* com algum elemento de controle por parte do estudante, que pode ser, por exemplo, o tempo, o caminho, o lugar e/ou o ritmo. Nessa modalidade de ensino o estudante aprende, mesmo que parcialmente, em um local físico supervisionado, que no caso será a sala de aula, por meio da integração da aprendizagem tendo o professor como mediador.

Ainda, sobre o ensino híbrido, Moran (2015) o retrata como sendo uma combinação de diferentes elementos - os métodos, as atividades e as pessoas que estão em diversos momentos interligados e/ou relacionados - dando destaque à interação do ser humano com as tecnologias. Essa mistura não necessariamente precisa acontecer entre quatro paredes, ela pode ser adaptada a qualquer ambiente devido ao fato da tecnologia se encontrar presente em quase todos os lugares. O termo ensino híbrido pode ser encontrado com diferentes definições na literatura, porém todas elas apresentam a convergência de dois modelos de aprendizagem: “o modelo presencial, em que o processo ocorre em sala de aula, como vem sendo realizado há tempos, e o modelo *on-line*, que utiliza as tecnologias digitais para promover o ensino” (BACICH, 2016, p. 679).

O modelo de ensino híbrido foi proposto pelos pesquisadores do Instituto *Clayton Christensen*¹⁸ e testado em escolas norte-americanas, apresentando quatro modelos estruturantes - Rotação, *Flex*, *A La carte* e Virtual enriquecido - conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9- Modelos de ensino híbrido.



Fonte: Horn e Staker (2015).

¹⁸ O Instituto *Clayton Christensen* é uma organização apartidária sem fins lucrativos, voltada à produção de um tipo de inovação denominada de disruptiva. O Instituto desenvolve ferramentas exclusivas para a compreensão de problemas prementes da sociedade, embasadas nas teorias do professor de Harvard Clayton M. Christensen.

Horn e Staker (2015) destacam que, em muitos casos, as escolas combinam os modelos de diferentes formas e criam um programa de ensino híbrido personalizado, uma vez que as diferentes categorias não são exclusivas, permitindo que ocorram misturas e combinações de características distintas dos diferentes modelos, resultando em uma abordagem mista. Os mesmos autores apresentam algumas definições que descrevem os elementos básicos de cada modelo que, sucintamente, são:

- Modelo de rotação: apresenta como proposta a realização de alguma disciplina ou matéria em que o aluno alterne a modalidade de aprendizagem - qualquer que ela seja - e que pelo menos uma seja *on-line*. O princípio básico desse modelo é ter o professor - ou o relógio - como mediadores do tempo de realização das atividades. Ainda, nesse modelo, temos as seguintes propostas de rotação:
 - Rotação por estação: “os estudantes são organizados em grupos e cada um desses grupos realiza uma tarefa de acordo com os objetivos do professor para a aula em questão” (HORN e STAKER, 2015, apud BACICH, 2016, p. 682). A mesma autora ainda menciona que o planejamento desse tipo de proposta não deve ser sequencial, com atividades realizadas pelos grupos de maneira independente, mas que se complementam e possam funcionar de forma integrada para que todos tenham tido a oportunidade de ter acesso aos mesmos conteúdos no final da aula.
 - Laboratório rotacional: se assemelha ao modelo de rotação por estações, porém o trabalho tem início na sala de aula, alternado com uma rotação para um laboratório de informática para o desenvolvimento da parte *on-line* do trabalho.
 - Sala de aula invertida: nessa modalidade os conteúdos são ministrados *on-line*, fora do ambiente formal de educação e de maneira independente, sendo a sala de aula utilizada somente para o professor auxiliar os alunos, caso haja necessidade, e realizar atividades referentes ao que foi estudado.
 - Rotação individual: nesse modelo os alunos alternam em um esquema individual e personalizado entre as modalidades de aprendizagem que é estabelecido por meio de um cronograma elaborado por um professor

ou um *software*. O modelo de rotação individual difere dos outros por conta de apresentar cronogramas diários que são personalizados de acordo com as necessidades individuais de cada aluno.

- Modelo *Flex*: nessa modalidade a aprendizagem ocorre por meio de um cronograma individualmente personalizado e fluido, podendo alternar entre o formato presencial - com discussões em pequenos grupos ou com professor particular - e *on-line*. Porém, nessa modalidade o ensino *on-line* funciona como o segmento estruturante para promover a aprendizagem do aluno, que se move no curso mediante suas necessidades. Professores estão disponíveis em um local físico para auxiliar em alguma questão referente ao curso ministrado e, dependendo do programa, iniciar discussões e projetos para enriquecer a aprendizagem dos alunos.
- *A La carte*: tal modelo inclui qualquer disciplina ou curso em que o aluno faça inteiramente *on-line* enquanto frequenta a escola física tradicional. Os cursos *on-line* podem ser realizados durante o tempo da aula presencial, além das disciplinas curriculares tradicionais, ou após a escola. Nessa modalidade o professor tutor é o professor *on-line* e pode ou não ter uma componente presencial.
- Virtual enriquecido: nesse modelo se enquadram os cursos que oferecem parte do trabalho de forma presencial e outra parte do trabalho de forma *on-line*. Nessa modalidade raramente há o encontro do professor com os alunos, podendo ocorrer apenas algumas vezes ao longo do curso, com atividades presenciais obrigatórias.

Vale ressaltar que existe uma diferença entre a modalidade de ensino híbrido, já discutido anteriormente, e o ensino enriquecido por tecnologia, uma vez que a segunda modalidade faz uso das características do ensino tradicional, mas apresenta melhorias por intermédio da utilização de ferramentas digitais, entretanto não substitui o ensino presencial em termos de transmissão de conteúdos (HORN e STAKER, 2015).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo iremos apresentar uma proposta metodológica para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas por meio um ambiente virtual de aprendizagem e de diferentes recursos multimidiáticos. Também será detalhado o contexto e a maneira como o produto educacional foi aplicado, avaliado e validado como ferramenta educacional.

4.1 PROPOSTA METODOLÓGICA: COMO FAZER?

O Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) se configura como um exemplo de NTICs que engloba diferentes recursos educacionais que podem ser acessados por meio de dispositivos eletrônicos com acesso à *internet*. Gediél et al. (2016, p. 27) definem, de maneira sucinta e esclarecedora, o significado operacional de AVA como algo “que consiste na integração de um conjunto de tecnologias digitais que possibilita a construção de um ambiente ou *software* educativo no qual é possível transformar a informação em conhecimento aos seus integrantes de forma individual ou coletiva”.

Geralmente o AVA oferece uma interface gráfica e algumas ferramentas de comunicação (síncronas e assíncronas), de avaliação e de construção coletiva, entre outras. Sousa e Ferreira (2016, p. 995) mencionam que “todas as atividades e os recursos disponibilizados em um AVA podem ser acessados de diferentes localidades geográficas e permite a flexibilidade de tempo no processo ensino-aprendizagem”. No Brasil, entre os ambientes virtuais mais conhecidos, gratuitos ou não, destacam-se o AulaNet, o TeleEduc, o E-proinfo, o ROODA, o Eureka, Virtus, o *Blackboard* e o *Moodle*.

Outro exemplo de tecnologia do século XXI é o ambiente do *Google Apps*, que oferece um conjunto diferenciado de aplicativos que, se bem utilizados, podem contribuir para o aprendizado de alunos e professores (WITT, 2015). Os aplicativos do *Google* são compatíveis com a maioria dos navegadores da *web* e são projetados para oferecerem suporte à comunicação e à colaboração. O *Google Suite for Education* (GSFE) é um conjunto de *apps* gratuitos que contêm ferramentas baseadas em nuvem, que podem ser usadas facilmente¹⁹ nas salas de aula. Tais aplicativos permitem a realização de trabalhos *on-line* ou *off-line*, a qualquer momento, na maioria dos dispositivos de comunicação. Além disso, os professores podem dar *feedback*

¹⁹ Os recursos que auxiliam a utilização, como treinamentos e tutoriais, são disponibilizados, gratuitamente, na Central de Professores do GSFE.

instantâneo e acompanhar o progresso individual de cada aluno. Essas características corroboram com a escolha dessa ferramenta para construção do AVA que utilizamos para abordar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea neste trabalho.

Uma das ferramentas disponibilizadas pelo GSFE é o *Google Sala de Aula (GSA)*. O GSA é um AVA, com interface simples que facilita o gerenciamento de atividades pelo professor, possibilitando a criação de turmas, a distribuição de materiais em diferentes formatos, a elaboração de tarefas, dar notas e enviar *feedbacks*. O ambiente pode ser acessado, por meio de *login*, a partir de qualquer computador ou dispositivo móvel com acesso a *internet*. O acesso no GSA pode ser restrito aos estudantes, pais e funcionários cadastrados pelo professor ou pela escola. Uma particularidade a ser observada para o uso dessa ferramenta é a obrigatoriedade de os usuários possuírem uma conta no *Google*, que pode ser obtida de forma simples e gratuita.

Na perspectiva de ensino híbrido e adotando características do modelo de rotação, elaboramos a proposta de uma sequência didática (SD) para abordar o tema Modelo Padrão da Física de Partículas por meio do processo de modelagem científica com o auxílio do GSA e todos os seus recursos e funcionalidades disponíveis. A sequência didática foi organizada em três módulos de ensino, estruturados conforme apresentado nos Quadros 5, 6 e 7, de forma a favorecer uma aprendizagem significativa do tema abordado e a promover uma alfabetização científica e tecnológica dos alunos.

Quadro 5- Conteúdos, recursos, estrutura de ensino e atividades abordados no módulo I.

Módulo de referência	Conteúdo abordado	Recursos utilizados	Estrutura de ensino	Atividades
Módulo I	Evolução dos modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr, Sommerfeld e Schrödinger).	<ul style="list-style-type: none"> - Formulários <i>Google</i>; - Vídeo mostrando os modelos adotados ao longo da história e suas principais características; - Simulações interativas sobre os diferentes modelos atômicos adotados ao longo da história, que são: Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld e Schrödinger. - Texto da <i>web</i> intitulado de “Alquimia”; - Simulação do Phet denominada de “Monte um átomo”. 	Ensino <i>on-line</i> , atividades colaborativas e intervenção do professor.	<ul style="list-style-type: none"> - Formulário <i>on-line</i>; - Construção de um mapa mental referente aos modelos atômicos de Sommerfeld e Schrödinger que deverão ser postados em formato de fotografia; - Atividade denominada de “Alquimista de partículas”, que consiste na “criação” de um átomo através da simulação computacional e compartilhamento das informações obtidas. - Formulário <i>on-line</i>.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 6- Conteúdos, recursos, estrutura de ensino e atividades abordados no módulo II.

Módulo de referência	Conteúdo abordado	Recursos utilizados	Estrutura de ensino	Atividades
Módulo II	Partículas da matéria, forças fundamentais e Modelo Padrão da Física de Partículas.	<ul style="list-style-type: none"> - Vídeo que faz parte de um programa da Sociedade Brasileira de Física (SBF) intitulado “O que são partículas elementares?”; - Vídeo que se baseia em uma história de ficção científica chamada “<i>CounterClockWise</i>” e faz uma abordagem resumida do Modelo Padrão da Física de Partículas; - Textos disponíveis na página do CERN referentes ao modelo em estudo, partículas da matéria e sobre forças e partículas transportadoras; - Pôster ilustrado que contém informações sobre o Modelo Padrão. 	Ensino conduzido pelo professor e ensino <i>on-line</i> .	- Mapas conceituais contendo somente os conceitos estruturantes para serem completados pelos alunos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 7- Conteúdos, recursos, estrutura de ensino e atividades abordados no módulo III.

Módulo de referência	Conteúdo abordado	Recursos utilizados	Estrutura de ensino	Atividades
Módulo III	Os trabalhos desenvolvidos nos aceleradores de partículas, sobretudo no LHC, e suas contribuições para a sociedade.	<ul style="list-style-type: none"> - Texto intitulado “Como a física, química e biologia encaram o surgimento do Hulk, seu processo de transformação e sua superforça?”; - Vídeo que conta a história de um cientista que foi atingido na cabeça por um feixe de prótons no acelerador de partículas; - Reportagem intitulada “Cern, berço da internet, celebra 30 anos da rede mundial de computadores.” - Visita virtual pelos sites do CERN através dos links disponibilizados no site do centro de pesquisa juntamente com hipertextos; 	Ensino <i>on-line</i> e ensino conduzido pelo professor	<ul style="list-style-type: none"> - Questão sobre o primeiro texto para ser discutida pelos alunos na parte referente a “Adicionar comentário para a turma”; - Questão sobre a reportagem; - “Ficha de anotações de campo” que contém algumas questões contextualizadas considerando os conhecimentos adquiridos durante a execução dos módulos.

Fonte: Autoria própria.

Para a elaboração desses módulos foi adotada a forma de aprendizagem do tipo subordinada, que na teoria de Ausubel é a maneira mais comum de aprendizagem significativa. Sobre essa forma de aprendizagem, Moreira (2015, p. 06) destaca que:

[...] o conhecimento prévio funciona como “âncoradouro” para um novo conhecimento em um processo interativo, ou seja, o novo conhecimento ganha significados nessa interação e, ao mesmo tempo, o conhecimento prévio ganha novos significados ou fica mais rico, mais estável, mais diferenciado; o conhecimento prévio que serve de ponto de ancoragem ao novo conhecimento é chamado de subsunção e o processo Ausubel chama de assimilação [...].

Além da aprendizagem do tipo subordinada, outras duas formas de aprendizagem são abordadas na teoria de Ausubel: a superordenada e a combinatória. A primeira implica em uma reorganização na estrutura cognitiva do aprendiz, em que os conhecimentos prévios dos estudantes são reconhecidos como casos particulares de um novo conhecimento que passa a subordiná-los. Já na aprendizagem combinatória, a aquisição de novos conhecimentos não guarda relação de superordenação nem de subordinação com os conhecimentos já existentes, sendo que não há interação cognitiva do novo conhecimento com um conjunto amplo de conhecimentos prévios já estabelecidos (MOREIRA, 2015). Nesse caso, o novo conhecimento não está relacionado de maneira hierárquica com nenhum outro conhecimento já adquirido.

4.1.1 Descrição do Módulo I – A Evolução dos Modelos Atômicos

No primeiro módulo da SD são propostas algumas questões (Apêndice I) para investigar as concepções prévias dos alunos sobre Física de Partículas por meio de uma ferramenta disponível no AVA denominada de *Blank Quiz* (Formulários *Google*), que possibilita a criação, o envio e a avaliação de testes. Essa ferramenta permite ao professor ter acesso às questões já respondidas e fazer as intervenções necessárias quanto às concepções prévias dos alunos.

Posteriormente, para tratar da evolução dos modelos atômicos - Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr - utilizamos um vídeo (<https://youtu.be/IDrKIqubzdw>), com duração aproximada de quatro minutos, que aborda a construção narrada de um mapa mental, mostrando

os modelos adotados ao longo da história e suas principais características. Os mapas mentais correspondem aos desenhos realizados pelos indivíduos, que representam o seu espaço vivido. Kozel e Nogueira (1999) mostram que os mapas mentais estão relacionados às características do mundo real, ou seja, não são construções imaginárias, de lugares imaginários, mas são construídos por sujeitos históricos reais, reproduzindo lugares reais, vividos, produzidos e construídos materialmente (KOZEL e NOGUEIRA apud OLIVEIRA, 2006). Nesse módulo o ensino ocorrerá de forma *on-line* por meio da utilização de formulários, vídeos e de simuladores.

A utilização de vídeos para apresentação de conteúdos é justificada pelo fato de ser um produto capaz de prender atenção do aluno, quando bem elaborado e estruturado, e que apresenta um poder de ilustração muito forte. Ainda, sobre o uso de vídeos como ferramenta educacional, Schneider et al. (2012) destacam que essa tecnologia está cada vez mais presente na vida dos alunos em virtude de seu dinamismo e popularidade – apresenta movimento, áudio e muitas vezes é autoexplicativo. Sobre isso Moran (1995, p. 27-28) menciona que:

O vídeo está umbilicalmente ligado à televisão e a um contexto de lazer, de entretenimento, que passa imperceptivelmente para a sala de aula. Vídeo, na concepção dos alunos, significa descanso e não "aula", o que modifica a postura e as expectativas em relação ao seu uso. Precisamos aproveitar essa expectativa positiva para atrair o aluno para os assuntos do nosso planejamento pedagógico. [...] O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não-separadas. Daí a sua força. Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços.

O módulo também disponibiliza um *link*²⁰ que possibilita o acesso a simulações interativas sobre os diferentes modelos atômicos adotados ao longo da história (https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=atom_modely&l=pt) e que podem ser rodadas nos sistemas operacionais *iOS* e *Android*. A proposta é de que essas simulações sirvam como “base estrutural” para a assimilação futura do conceito do Modelo Padrão da Física de Partículas.

²⁰ As simulações estão disponíveis, gratuitamente e sem necessidade de cadastro prévio, em um *site* da República Checa que pode ser acessado em: <https://www.vascak.cz/>.

A utilização da simulação para abordar os modelos atômicos que não são mencionados no vídeo – Sommerfeld e Schrödinger – é justificada pelo fato de esta estimular os alunos a consultarem os materiais de apoio disponibilizados no AVA, além de outras fontes externas disponíveis na *internet*. As simulações e as atividades propostas vão servir como norteadores do que pesquisar na *web*, afunilando e direcionando a pesquisa. Sobre a aquisição de novos conceitos por meio de pesquisas realizadas na *web*, Carvalho (2016, p. 30) menciona que:

Fomentar uma pesquisa livre, sem qualquer orientação, numa aula, com alunos inexperientes, trará mais inconvenientes do que vantagens. Com esse tipo de abordagens já há alunos que associam a pesquisa na Internet a uma aula para brincadeira na rede; uma oportunidade para fazerem o que lhes apetece. Por esses motivos, para além do tema geral de pesquisa devem também ser solicitados aspectos específicos, que não só permitem afunilar a pesquisa como orientam a seleção da informação que os alunos têm de fazer.

Para Heidemann et al. (2012), as simulações computacionais e as teorias científicas são desenvolvidas tendo como base modelos que tratam de partes dos sistemas físicos. Os autores ainda destacam que:

Os modelos computacionais são “recortes” da realidade, ou seja, são implementações computacionais de modelos específicos, e, como tais, desprezam diversos aspectos do sistema real, a fim de focar a atenção em certos aspectos particulares da natureza, o que facilita a compreensão do fenômeno físico. Além disso, as teorias envolvidas no processo admitem entidades ideais e mecanismos internos imaginários. Portanto, as simulações computacionais proporcionam ao aluno a interação com uma natureza ideal, ou melhor, com uma representação do objeto ou fenômeno escolhido no processo de modelagem (HEIDEMANN et al, 2012, p. 972).

Como proposta de atividade, sugere-se que os estudantes, organizados em grupos previamente estabelecidos, realizem pesquisas e construam mapas mentais referentes aos modelos atômicos de Sommerfeld e Schrödinger, que não foram contemplados no vídeo, e postem esses mapas em formato de fotografias, que serão posteriormente disponibilizadas para toda a turma. Por se tratar de uma atividade não muito familiar aos estudantes foi disponibilizado um vídeo explicativo²¹, com duração aproximada de sete minutos, que mostra

²¹ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=67z80wU0dA4>.

como elaborar um mapa mental no modelo tradicional, em que um tópico principal vai se abrindo em vários subtópicos, chamados de ramos, até que todo o conteúdo seja alcançado.

Segundo Hilger e Griebeler (2016, p. 204), “o mapa mental evidencia associações completamente livres, apresentando ideias-chave interligadas e com ramificações, formando uma rede estruturada com nós e conexões, sendo especialmente adequadas para identificar subsunçores”.

Segundo Ausubel (1968, apud HILGER e GRIEBELER, 2016) a variável isolada que mais influencia a aprendizagem de um novo conteúdo é o conhecimento prévio do estudante, ou subsunçor, onde serão ancorados os novos conhecimentos. As autoras ainda destacam que o uso de mapas mentais permite que o estudante externalize seu conhecimento e possa expressá-lo de forma livre, além de permitir que influências externas, como, por exemplo, questões divulgadas na mídia, possam surgir e gerar novos questionamentos, o que irá contribuir para uma aprendizagem significativa.

Como já mencionado, os mapas mentais elaborados pelos estudantes devem ser fotografados e postados como atividade. No contexto do ensino híbrido, a fotografia se apresenta como uma ferramenta com grande potencial de ensino em qualquer área do conhecimento, podendo ser utilizada inclusive como objeto de pesquisa, de divulgação científica, ou de ensino (BELZ, 2017). Na nossa proposta, elas se apresentam como recursos úteis para registro e demonstração de objetos de estudo.

Na sequência do trabalho sugere-se que o professor faça uma discussão com a turma, de maneira presencial, alusiva à evolução dos modelos atômicos aceitos ao longo da história e suas contribuições para o contexto sociocultural em que foram adotados.

Outra atividade que compõe o módulo I faz uso de um texto disponível na *web* e de um simulador. O texto intitulado de “Alquimia”²² discute sobre o período histórico e sobre as práticas desenvolvidas pelos alquimistas ao tentar transformar diferentes metais em ouro. A simulação disponível no *Phet*²³ (*Interactive Simulations*), denominada de “Monte um átomo”,

²² O texto é disponibilizado gratuitamente em um portal de Química, denominado de SóQ, que oferece diferentes conteúdos, exercícios, provas *on-line*, jogos e curiosidades. <https://www.soq.com.br/conteudos/historiadaquimica/p2.php>

²³ O PhET oferece gratuitamente simulações interativas de ciências e Matemática. As simulações são escritas em Java, *Flash* ou HTML5 e podem ser executadas *on-line* ou copiadas para seu computador. A simulação escolhida para compor o AVA também pode ser acessada em sistemas operacionais *iOS* e *Android*.

possibilita a construção de um átomo com a adição e/ou subtração dos prótons, nêutrons e elétrons, permitindo observar como a massa e a carga dos elementos varia em função dessas partículas.

Para articular o assunto abordado no texto com a simulação, foi proposta uma atividade intitulada de “Alquimista de partículas”. Nessa atividade os alunos terão liberdade para montar seu próprio átomo no simulador e apresentar sua “criação” para toda turma por meio de algumas informações – nome do elemento criado, símbolo na tabela periódica, número de prótons, número de nêutrons, número de elétrons e um exemplo de aplicação do elemento em seu cotidiano – que podem ser obtidas utilizando o simulador e pesquisas na *web*. As informações levantadas pelos alunos devem ser postadas na parte referente a “Adicionar comentário para a turma” e passarão a compor a interface do AVA, podendo ser visualizada por todos os usuários.

Buscando explorar algumas das possibilidades proporcionadas pela aprendizagem móvel, a atividade “Alquimista de partículas” foi planejada em um formato semelhante aos das redes sociais, em que sua resolução fará uso de recursos multimidiáticos e seus resultados serão apresentados em formato de comentários passíveis de críticas. Essa proposta de atividade possibilita uma abordagem de trabalho compartilhado, uma vez que no final da atividade todos terão uma listagem de diferentes elementos químicos, seguida das informações obtidas pelos alunos. Vagula (2014) menciona que atividades propostas nesse formato possibilitam a interação por meio do trabalho compartilhado e dos sistemas de comunicação e construção colaborativa do conhecimento na *web*.

Ainda no módulo I, após o cumprimento das etapas anteriores, será proposto um novo formulário (Apêndice II) utilizando a mesma estrutura que o anterior (Apêndice I), com a finalidade de fazer novo levantamento das concepções prévias dos alunos e de fornecer os conceitos organizadores básicos necessários para a apropriação do conceito central. As respostas servirão como material de avaliação e análise das concepções prévias que os alunos detêm com relação ao Modelo Padrão da Física de Partículas.

Em resumo, o primeiro módulo e todos os recursos utilizados para sua estruturação exercerão a função de um organizador prévio, ou seja, essa etapa da SD tem por objetivo estabelecer a relação entre os conhecimentos prévios dos alunos e o que eles devem saber – como ocorreu a evolução dos modelos atômicos ao longo da história – para que possam assimilar, de maneira significativa, um novo conhecimento – no caso, o Modelo Padrão da

Física de Partículas. De acordo com Moreira (2015), os organizadores prévios são eficazes como recurso didático para explicitar a relação existente do novo material ou conteúdo com conceitos subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do aluno.

4.1.2 Descrição do Módulo II – O Modelo Padrão da Física de Partículas

No módulo II, os conceitos referentes ao Modelo Padrão serão abordados por meio de dois vídeos. O primeiro é um vídeo explicativo (<https://youtu.be/n54VXsVn7xA>) que faz parte de um programa da Sociedade Brasileira de Física (SBF) intitulado “O que são partículas elementares?” que foi transmitido ao vivo por uma especialista da área em 13 de novembro de 2019 e aborda a evolução dos modelos atômicos até as partículas descobertas recentemente. O material pode ser acessado pelo *site* da SBF ou pelo *YouTube*. O segundo vídeo (<https://youtu.be/Nqi-bM90vfg>) é baseado em uma história de ficção científica chamada “*CounterClockWise*” e faz uma abordagem resumida do Modelo Padrão da Física de Partículas, que explica e prevê as forças e partículas fundamentais que constituem a matéria. Esse vídeo é um produto do *Cassiopeia Project*²⁴, que foi traduzido e divulgado em um site de Portugal denominado “Casa das Ciências”. A Casa das Ciências é um portal colaborativo que recolhe, valida e divulga recursos digitais multimidiáticos para dar apoio aos professores no ensino de Ciências e Matemática, nos diferentes níveis de ensino e sem qualquer custo para os usuários.

Também, de maneira *on-line*, o conceito do Modelo Padrão da Física de Partículas será apresentado por meio de um *link* que acessa informações referentes a esse modelo, partículas da matéria e sobre forças e partículas transportadoras. Todas essas informações serão apresentadas aos alunos por meio de textos disponíveis na página do CERN. Para ilustrar e facilitar a aquisição do novo conhecimento, também será disponibilizado o *link* de um pôster²⁵ que contém informações sobre o Modelo Padrão.

²⁴ Trata-se de um projeto que publica vídeos de alta definição com conteúdo educacional gratuito *on-line*. Contém diversos vídeos disponíveis, até o momento, no iTunesU e no YouTube, o projeto oferece conteúdos desde mecânica quântica à evolução até a teoria da relatividade.

²⁵ O pôster é um produto do *Contemporary Physics Education Project* (CPEP), que é uma organização sem fins lucrativos de professores, educadores e físicos localizados em todo o mundo. Os materiais do CPEP apresentam o entendimento atual da natureza fundamental da matéria e da energia, incorporando os principais resultados de pesquisas dos últimos anos.

Nesse módulo, a proposta é que os conceitos mais gerais e inclusivos do Modelo Padrão da Física de Partículas – partículas da matéria e forças e partículas transportadoras – sejam apresentados, podendo ser diferenciados ou não ao longo do processo. Dentro da perspectiva da aprendizagem significativa, tal organização programática é denominada de diferenciação progressiva, que do ponto de vista cognitivo pode ser definida como:

[...] um princípio organizacional da estrutura cognitiva, supondo que essa estrutura é hierárquica, mas não rígida, de modo que conceitos e proposições mais gerais inclusivos, estão no topo da hierarquia subordinando outros menos gerais, mais específicos; da perspectiva de programação da matéria de ensino, a proposta é que ideias, proposições, mais gerais e inclusivas da matéria de ensino sejam abordadas no início do ensino e progressivamente diferenciadas, em termos de detalhes e especificidades, ao longo do processo (MOREIRA, 2015, p. 07).

Outro princípio organizacional e programático nesse modelo de aprendizagem é o da reconciliação integrativa, que segundo Moreira (2015, p. 07):

[...] enquanto princípio cognitivo significa buscar semelhanças e diferenças entre os subsunçores que constituem a estrutura cognitiva, buscando simplificá-la, reorganizá-la se necessário, sempre objetivando um equilíbrio cognitivo; como princípio programático, é o oposto da prática usual dos livros de texto de compartimentalizar conhecimentos em capítulos e subcapítulos; de acordo com esse princípio o ensino deve explorar, explicitamente, relações entre conhecimentos, indicando diferenças e similaridades, reconciliando inconsistências reais ou aparentes, integrando ou trocando ideias similares.

No módulo II, o ensino do conceito central ocorrerá em dois momentos: conduzido pelo professor em sala de aula e *on-line*. Durante a intervenção em sala de aula, o professor deve realizar um debate com os alunos sobre o objeto modelo – toda matéria do universo é constituída por partículas fundamentais que são governadas por quatro forças fundamentais – dando continuidade à discussão referente à evolução dos modelos atômicos e destacando os conceitos-chave previamente modelados. Para tal proposta, o professor pode fazer uso do segundo formulário apresentando os conceitos mais gerais e inclusivos.

Feito essa intervenção, o ensino *on-line* ocorrerá fora do ambiente escolar com a utilização dos vídeos, dos textos disponíveis no *site* do CERN e do pôster. Como atividade serão disponibilizados mapas conceituais (Apêndices III e IV) contendo somente os conceitos

estruturantes – partículas elementares e forças fundamentais – permitindo que haja uma diferenciação progressiva na aquisição dos novos conceitos, ou seja, as próximas gerações do mapa – os conceitos menos inclusivos – serão completadas pelos alunos após a leitura dos textos propostos.

Na teoria de Ausubel, um mapa conceitual é uma estrutura que permite nomear os conceitos mais relevantes e, a seguir, o mais importante entre aqueles que foram listados. Após eleger o conceito raiz do mapa, o passo seguinte é a construção de uma segunda geração com a escolha dos conceitos imediatamente menos inclusivos que o conceito raiz. As gerações seguintes são construídas de maneira semelhante ao que foi descrito para a segunda geração (TAVARES, 2008).

4.1.3 Descrição do Módulo III – Os Aceleradores de Partículas e suas Contribuições para a Sociedade

No terceiro e último módulo o ensino irá ocorrer de maneira *on-line* e mediado pelo professor. Nessa etapa o professor fará uma relação entre os conteúdos científicos e tecnológicos discutidos com outros aspectos políticos, sociais e econômicos por meio de uma abordagem de ensino CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Sobre essa abordagem de ensino, Fernandes (2017, p. 04) indica que:

Nossa sociedade está envolvida e sendo influenciada cada dia mais pelos avanços tecnológicos que nos bombardeia de forma involuntária a cada dia. É preciso alfabetizar nossos alunos em ciência e tecnologia mostrando a importância de se agir, tomar decisões, de forma consciente, sobre o que realmente é necessário para o mundo em que vivemos.

No módulo III será disponibilizado um texto intitulado “Como a física, química e biologia encaram o surgimento do Hulk, seu processo de transformação e sua super-força?”. O texto é produto de um *blog* de divulgação científica que aborda curiosidades do cotidiano sobre ciências e tecnologia denominado de “Ciência *Nerd*” e faz parte de uma rede de *blogs* de divulgação científica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Em suma, o texto conta a história fictícia do físico nuclear Robert Bruce Banner que estava desenvolvendo a Bomba Gama para o exército norte-americano. Durante os testes da nova arma, e na tentativa

de proteger um garoto, Robert foi exposto aos efeitos da radiação adquirindo superpoderes e se transformando no incrível Hulk.

Para estimular a leitura do texto, e servir como material de avaliação e análise para o professor, a atividade é norteada pela seguinte questão: Se fôssemos atingidos por partículas subatômicas, quais seriam as reais implicações para nosso organismo? Essa questão deverá ser discutida pelos alunos na parte referente a “Adicionar comentário para a turma” e suas respostas passarão a compor a interface do AVA, podendo ser visualizada e comentada por todos os usuários. Finalizada a discussão, será apresentado um vídeo²⁶ que conta a história do cientista russo Anatoli Petrovich Bugorski que, no ano de 1978, foi atingido na cabeça por um feixe de prótons no acelerador de partículas *Synchrotron U-70*. É esperado que haja comentários, de maneira espontânea, por parte dos alunos sobre os reais efeitos causados aos seres humanos após serem atingidos por partículas subatômicas.

Realizadas as etapas anteriores, os alunos terão acesso ao texto de uma reportagem intitulada de "Cern, berço da internet, celebra 30 anos da rede mundial de computadores"²⁷. A reportagem conta um pouco a história da criação do WWW (*World Wide Web*) e faz uma análise crítica sobre os pontos positivos e negativos realizados por seu inventor Tim Berners-Lee. No mesmo espaço é apresentada uma questão para ser discutida de maneira colaborativa pelos alunos: “Além da criação da *internet*, quais outras contribuições você acredita que o estudo realizado sobre partículas elementares constituintes da matéria tem proporcionado para a sociedade?”.

No contexto da aprendizagem móvel, esse tipo de abordagem, que utiliza atividades similares às redes sociais, com comentários passíveis de críticas, é um recurso com potencial para promover uma aprendizagem significativa sobre o conceito trabalhado, além de corroborar para uma alfabetização científica e tecnológica por parte do aluno. Essa proposta de atividade, já utilizada no módulo I, também se enquadra como uma ferramenta de ensino e aprendizagem, dentro de uma estrutura híbrida de ensino, pois permite o acompanhamento do professor, que

²⁶ O vídeo faz parte de um canal do YouTube denominado “Integrando Conhecimento” e está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZpNCYmdQX-A>.

²⁷ Reportagem *on-line* disponível em: <https://exame.com/tecnologia/cern-berco-da-internet-celebra-30-anos-da-rede-mundial-de-computadores/>.

no presente trabalho também desempenha o papel de tutor. Sobre a utilização de atividades similares ao uso de redes sociais para o ensino, Costa e Ferreira (2012, p. 143) mencionam que:

Como os sites de redes sociais são ferramentas assíncronas, sua utilização permite o acesso, tanto dos educandos quanto do professor em qualquer tempo ao conteúdo da discussão no grupo. Dessa forma, o professor acompanha o trânsito dos alunos no grupo e pode intervir sempre que necessário no aprendizado. Assim, o ensino ultrapassa os muros da escola e a sala de aula deixa de ser o único espaço disponível para o processo ensino-aprendizagem na formação escolar.

Ainda no contexto da aprendizagem móvel, o hipertexto é uma ferramenta multimidiática que pode ser utilizada para favorecer a aprendizagem dos alunos, por se tratar de um estilo de texto mais dinâmico e adequado ao universo contemporâneo dos jovens. Coscarelli (2010, p. 551) define o hipertexto como:

[...] um texto não-linear que não tem eixo organizacional, nem centro. Além disso, esses autores argumentam que hipertextos requerem um leitor mais ativo, que deve ser um construtor de significado autônomo e independente. O leitor será também um co-autor, uma vez que pode adicionar informações ao texto.

Ainda sobre os hipertextos, como ferramenta de ensino e aprendizagem, Fiolhais e Trindade (2003, p. 263-265) mencionam que:

[...] este possibilita uma aprendizagem não-linear em vez de sequencial. Os links num documento permitem ao aluno escolher o seu percurso e avançar ao longo dele, apesar de haver o perigo de se “perder” no hiperespaço. [...] Um módulo de hipertexto possui muitos links internos e um seu utilizador não necessita de seguir um caminho linear. Baseado na sua bagagem e nos seus interesses, ele poderá seleccionar as partes do módulo que mais lhe interessam. Outros links permitirão ao utilizador mover-se facilmente entre diferentes módulos.

A sequência proposta para iniciar o módulo III – utilização do texto e hipertexto, seguidos das discussões e da apresentação do vídeo – visa explorar os conhecimentos disciplinares que os alunos adquiriram ao longo da SD e, também, discutir as aplicações no cotidiano dos conceitos relacionados ao Modelo Padrão da Física de Partículas, no contexto do desenvolvimento histórico, tecnológico e científico. Essas atividades serão executadas de

maneira *on-line* e abrem a possibilidade para inserção de uma discussão sobre os trabalhos desenvolvidos nos aceleradores de partículas, sobretudo no LHC, e suas contribuições para o avanço nas áreas de materiais, energia, medicina, entre outras.

A sequência do trabalho será executada de maneira presencial. O professor irá utilizar recursos *on-line* para trazer, aos alunos, elementos que os incentivem a pensar e a explorar os novos significados apreendidos – partículas elementares e forças fundamentais – e buscar diferenças e semelhanças com os conhecimentos prévios já adquiridos – evolução dos modelos atômicos – na expectativa de promover uma reconciliação integrativa entre os subsunçores e os novos conceitos abordados. A importância da intervenção do professor e da utilização de recursos *on-line* no sentido de uma reconciliação integrativa, são evidenciadas por Barroqueiro e Amaral (2011, p. 126):

A aprendizagem significativa, portanto, está mais próxima do nativo digital quanto mais se relaciona o novo conteúdo a ser aprendido à estrutura cognitiva prévia que tem um alto grau de relevância (núcleo de aprendizagem significativa é a composição da estrutura cognitiva inicial e o conteúdo relevante a aprender). A Física e a Matemática são disciplinas em que os alunos necessitam fazer as ligações entre conhecimentos pré-aprendidos e as ideias novas que serão ensinadas e também construir uma relação lógica no processo ensino-aprendizagem, além de serem estimulados com aproximações do seu cotidiano para, assim, terem disposição de aprender.

Ainda nesse módulo será proposta uma atividade denominada de “Visita de campo pelo CERN”, que consiste em uma visita virtual pelos *sites* do centro de pesquisa, tendo o professor como guia. Para isso, será utilizado o *Google Maps* via *Google Street View* por meio de *links* disponibilizados pelo CERN. Por meio desses *links* podemos acessar diversas imagens integradas ao *Google Maps* que permitem ao usuário navegar pelo entorno do centro de pesquisa, visualizar diferentes pontos ao redor e no interior do LHC.

As ferramentas de geotecnologia, como o *Google Maps*, que servem para “a aquisição de dados espaciais, processamento e manipulação destes dados, armazenamento e apresentação de informações espaciais” (MARTINS et al., 2013, p. 2658), juntamente com os links disponibilizados pelo CERN, compostos por hipertextos que apresentam, entre outras coisas, informações sobre o local visitado virtualmente, tornam a experiência da visita virtual mais dinâmica e realista. Nessa atividade a intervenção do professor é fundamental para um

direcionamento adequado no sentido de promover o ensino e desenvolver a alfabetização científica do aluno.

Para execução da “Visita de campo pelo CERN”, sugere-se que o professor – que fará o papel de guia – utilize um computador e um *data-show* para realizar a visita junto com a turma. Para o acompanhamento da visita, os alunos devem receber impresso e/ou via Formulários *Google* uma “Ficha de anotações de campo” (Apêndice V) cujo preenchimento pode ser realizado durante ou após a visita virtual. Podendo o aluno, para isso, consultar os *sites* do CERN ou os materiais paradidáticos disponibilizados no AVA. A proposta é levar algumas questões que possam ser trabalhadas de forma contextualizada considerando os conhecimentos adquiridos durante a execução dos três módulos. Vale ressaltar que os materiais paradidáticos utilizados são resultados de produtos de trabalhos já apresentados e validados pelo Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física.

A “Ficha de anotações de campo” é composta por questões tradicionais, no formato de pergunta e resposta, abordadas de uma maneira diferenciada com a possibilidade de que o aluno possa refletir acerca dos novos conhecimentos adquiridos. A utilização de questões tradicionais e contextualizadas auxilia o professor a realizar uma avaliação do desempenho dos alunos por meio da análise progressiva da evolução dos conhecimentos adquiridos acerca do objeto modelo, destacando evidências contínuas da aprendizagem dos conceitos propostos. Os três módulos da SD foram elaborados almejando promover a aprendizagem significativa dos estudantes. Sobre isso, Moreira (2015, p. 05) indica que

[...] a melhor maneira de evitar a simulação da aprendizagem significativa é formular questões e problemas de maneira nova e não-familiar que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Para ele, testes de compreensão devem, como mínimo, serem formulados de maneira distinta e apresentados em um contexto de certa forma distinto daquele trabalhado em aula e encontrado no material instrucional.

Por fim, a criação do AVA tem como objetivo principal proporcionar uma aprendizagem significativa, além de promover uma alfabetização científica e tecnológica dos alunos.

4.2 O CONTEXTO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A aplicação da sequência didática foi prevista inicialmente para ser aplicada em duas turmas do ensino médio regular – uma do primeiro e outra do terceiro ano. Entretanto, no dia 18 de março de 2020 as atividades das escolas de Minas Gerais foram paralisadas em decorrência da pandemia do coronavírus.

Visando minimizar as perdas causadas aos estudantes em razão da suspensão das atividades escolares presenciais, a Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais (SEE/MG) publicou, no dia 18 de abril de 2020, a resolução n° 4.310 que instituiu o regime de teletrabalho enquanto durar o estado de calamidade pública em decorrência da pandemia do coronavírus, como alternativa para a continuidade das atividades escolares no Estado. Essa resolução dispõe sobre as normas para a oferta do Regime Especial de Atividades Não Presenciais (REANP) nas escolas estaduais da rede pública da educação básica e profissional de Minas Gerais para cumprimento da carga horária mínima exigida.

As ferramentas disponibilizadas pela SEE/MG para o REANP foram compostas por: Planos de Estudos Tutorados (PETs)²⁸; programa Se Liga na Educação²⁹; aplicativo Conexão Escola³⁰; Projeto Vamos Aprender³¹; e o Programa Educacional de Resistência às Drogas (Proerd)³². Para o cumprimento da carga horária mínima prevista nas matrizes curriculares dos ensinos Fundamental e Médio e da Educação Profissional, o artigo 4° da resolução n° 4.310 estabeleceu que as atividades programadas para os alunos dos diferentes níveis de ensino, seriam computadas fora da unidade escolar, descritas nos PETs, que, junto como as outras

²⁸ Basicamente, são apostilas que contém conteúdo, questões e atividades escolares programadas, de forma autoinstrucional, destinadas aos alunos e professores para que possam trabalhar os conteúdos curriculares ao longo do período de Regime de Estudo não Presencial.

²⁹ Trata-se de tele aulas que são transmitidas pela Rede Minas (rede de televisão brasileira de cunho cultural e educativo) para os alunos da rede estadual em horários pré-estabelecidos.

³⁰ O aplicativo permite acesso às teleaulas do Programa Se Liga na Educação que são exibidos na Rede Minas, aos PETs e aos slides apresentados nessas aulas. O aplicativo também possibilita o contato entre o aluno e o professor por meio de um *chat*.

³¹ Trata-se de um projeto que reúne programas televisivos, que contemplam todas as áreas do conhecimento, para os alunos do Ensino Infantil ao Ensino Médio.

³² Programa desenvolvido pela Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG) que foi remodelado para videoaulas.

ferramentas oferecidas para o REANP, seriam disponibilizadas por meio de recursos das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

Além das ferramentas ofertadas pela SEE/MG, a escola onde a sequência didática seria aplicada optou por utilizar o *Telegram* como rede social base para a comunicação e integração entre professores, alunos e especialistas. O *Telegram* é um aplicativo de mensagem simples, gratuito e que pode ser utilizado ao mesmo tempo em diferentes dispositivos - *smartphones*, *tablets* ou computadores - uma vez que suas mensagens são sincronizadas. O aplicativo também permite o envio de fotos, vídeos e arquivos em diferentes formatos (doc, zip, mp3, pdf etc), além de possibilitar a criação de grupos de até 200.000 pessoas e canais de transmissão para um público ilimitado (TELEGRAM, 2018). Foram criados grupos no *Telegram* correspondentes a cada turma em que os professores, em dias e horários preestabelecidos, deveriam realizar atendimentos, orientação e postar materiais complementares para os alunos. O aplicativo também seria utilizado para o recebimento dos PETs, uma vez que as ferramentas oferecidas pela SEE/MG não permitem tais funcionalidades (recebimento e envio de arquivos).

Para a criação das turmas no *Telegram* a escola realizou um processo de busca ativa e utilizou diversos meios para se comunicar com os alunos, incluindo: *whatsapp*, *Telegram*, ligações, SMS (*Short Message Service*), *webmail* e carta. Mesmo com esse conjunto de ações, a escola só conseguiu acessar cerca de 80% do total dos alunos da instituição. Entretanto, com o passar do tempo, foi observada uma diminuição significativa da participação desses alunos, segundo dados obtidos com a direção administrativa da escola.

Mesmo com todas as adversidades, esse novo contexto nos pareceu favorável para aplicação da sequência didática descrita anteriormente, tendo em vista que se trata de uma ferramenta híbrida de ensino. Nesse sentido, houve uma tentativa de aplicação do produto educacional mediante alguns ajustes. O primeiro foi a adaptação da sequência didática para o formato de um curso complementar de conteúdos de Física para o ensino médio, com duração de um mês. Outro ajuste foi a substituição de algumas intervenções que iriam ocorrer de forma presencial por intervenções assíncronas. O curso foi oferecido para oito turmas do primeiro ano, uma turma do terceiro e três turmas da Educação de Jovens e Adultos (EJA). A divulgação do curso foi por meio do *Telegram*, juntamente com um formulário (Formulários *Google*) para inscrição dos interessados.

A ideia era de que o curso fosse ofertado entre os meses de agosto e novembro de 2020. Entretanto, em função das adversidades decorrentes do isolamento social durante a pandemia, da sobrecarga de trabalhos remotos e da carência de equipamentos, poucos alunos se inscreveram, no total de onze, e os inscritos não deram continuidade às tarefas propostas para o primeiro módulo, impossibilitando a aplicação do produto educacional. O grande volume de atividades do REANP e a dificuldade em conciliar os PETs com as atividades do curso foram justificativas comuns apresentadas pelos alunos que se inscreveram para não dar continuidade no curso. Cabe ressaltar que os módulos do PET eram pré-formatados e programados em períodos específicos, que não permitiam ao professor adequações e ajustes de conteúdos. Por isso, o curso não poderia ser aplicado como atividade regular de ensino, o que inviabilizou a aplicação do produto conforme havia sido previsto.

Considerando os problemas mencionados anteriormente e a necessidade de dar continuidade no desenvolvimento deste trabalho, optou-se por aplicar o produto em uma turma da disciplina Física no Ensino Fundamental em uma Perspectiva Multidisciplinar do polo 24 do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), e utilizar o processo de revisão por pares para validar a sequência didática desenvolvida.

4.3 A ESCOLHA DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO, DO LOCAL DE APLICAÇÃO E DOS COLABORADORES

Mediante a impossibilidade da aplicação do produto educacional para os alunos de ensino médio em decorrência da pandemia da COVID-19, surgiram as seguintes questões: Como avaliar as potencialidades do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), como ferramenta educacional de ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, uma vez que não foi possível aplicá-lo em sala de aula? De que maneira poderíamos obter dados consistentes que auxiliassem na validação de um produto educacional desenvolvido para o ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas?

A alternativa encontrada para responder esses questionamentos foi a submissão, análise e validação do produto educacional por meio do processo de revisão por pares (*peer review*). Esse processo pode ser definido como sendo a avaliação, sejam de propostas ou resultados de pesquisas, quanto à significância, competência e originalidade, realizada por

especialistas que são conhecedores do objeto pesquisado e que também realizam pesquisas e desenvolvem trabalhos relacionados ao tema (Nassi-Calò, 2015).

Dentro do processo de revisão por pares, são observadas três metodologias com características próprias: o duplo cego, o simples cego e o sistema aberto.

O sistema duplo cego (*double blind peer review*) é caracterizado pelo anonimato entre autores e revisores. O sistema simples cego (*single blind peer review*) é aquele em que autores são conhecidos dos revisores, mas revisores permanecem anônimos para os autores. E, por fim, o sistema aberto (*open peer review*) é aquele em que tanto autores quanto revisores conhecem a identidade um do outro (SILVA et al. 2015, p. 236, apud PAVAN e STUMPF, 2009).

O processo de revisão por pares pode resultar na aceitação do trabalho sem alterações, na aceitação mediante as correções sugeridas pelos revisores ou na sua rejeição, assumindo um caráter pedagógico (JENAL et al. 2012). Segundo os mesmos autores, evidências mostram que os trabalhos publicados em revistas que adotam o processo de revisão por pares para avaliação dos manuscritos são metodologicamente de qualidade superior em relação àqueles que não fazem uso desse processo.

Tendo em vista as potencialidades do processo de revisão por pares, optou-se em submeter o produto educacional a um grupo de alunos de pós-graduação e utilizar o sistema aberto (*open peer review*) para a avaliação da sequência didática desenvolvida no AVA quanto às suas potencialidades como ferramenta de ensino e aprendizagem e dos conteúdos específicos de Modelo Padrão da Física de Partículas.

Sobre o sistema aberto dentro de revisão por pares, Mendes da Silva (2019) destaca que o seu significado pode variar conforme diferentes fatores. O mesmo autor ainda cita Ford (2013) e apresenta uma definição para o sistema aberto:

[...] qualquer mecanismo de revisão acadêmica que fornece a revelação das identidades dos autores e dos revisores uns aos outros, em qualquer momento durante a revisão por pares ou o processo de publicação. [...] essa modalidade de revisão consiste em um conjunto de termos que remetem a modelos, adaptáveis de modo a atenderem requisitos de Ciência Aberta, tais como: Identidades abertas, Opiniões e pareceres abertos, Participação aberta, Interação aberta, Manuscritos abertos antes da revisão pelos pares, Comentários abertos à versão final, e Plataformas abertas (MENDES DA SILVA, 2019, p. 02).

Embora seja responsável por uma pequena porcentagem das revisões realizadas em trabalhos científicos, o sistema aberto, dentro da revisão por pares, busca uma maior transparência e participação dos sujeitos envolvidos, além de explorar novas formas de difusão do conhecimento, comunicação e colaboração (MENDES DA SILVA, 2019).

Para a aplicação do produto educacional foi escolhida uma turma da disciplina “Física no Ensino Fundamental em uma Perspectiva Multidisciplinar” do polo 24 do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), lotado no departamento de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). O programa é voltado para formação profissional de professores da Educação Básica com ênfase em aspectos do ensino e da aprendizagem da Física.

Nesse sentido, o grupo de revisores do produto educacional foi constituído por professores de Física – conhecedores do objeto pesquisado – que realizam estudos e desenvolvem trabalhos relacionados a questões que envolvem os processos de ensino e aprendizagem da Física. Tal premissa justifica a utilização do sistema aberto, dentro do processo de revisão por pares, para a avaliação das potencialidades do produto como ferramenta educacional para o ensino de Física de Partículas. Vale mencionar que o conteúdo contemplado no produto educacional também é abordado na unidade três da disciplina em questão, fazendo com que a aplicação ocorresse em um contexto favorável à sua análise.

4.4 A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Após definir o processo de avaliação e os sujeitos colaboradores, o passo seguinte foi adequar o produto educacional para atender a nova proposta de aplicação e ser apresentado para os revisores. Dentre os ajustes realizados destacam-se: a descrição das intervenções presenciais que seriam realizadas pelo professor caso a aplicação do produto ocorresse em sala de aula e a elaboração de um instrumento de avaliação da sequência didática.

Uma das características do modelo de rotação adotado na SD, no âmbito da modalidade híbrida de ensino, é a necessidade da realização de intervenções por parte do professor durante o processo. Para o produto educacional em questão, foram previstas quatro intervenções: a primeira no início do trabalho para a apresentação, instruções iniciais, coleta de

dados e cadastro dos alunos no ambiente virtual; a segunda no final do primeiro módulo; a terceira no final do segundo módulo; e a quarta intervenção no final do terceiro módulo.

Nesse sentido, foram inseridas no AVA a descrição das propostas de intervenções que seriam realizadas pelo professor em sala de aula, durante a aplicação da SD, apresentando aos avaliadores os conteúdos a serem discutidos, bem como os materiais e recursos utilizados.

Além disso, foi inserido no final de cada módulo um formulário para a avaliação do mesmo e um formulário final para avaliação geral da SD, totalizando quatro formulários (Apêndices VI, VII, VIII e IX). No início de cada formulário de avaliação foram apresentados os objetivos a serem alcançados em cada módulo. As questões foram elaboradas levando-se em consideração alguns aspectos essenciais para a avaliação de qualquer metodologia de ensino baseada na *web*, que são: a interface, os materiais educacionais, as estratégias de ensino e o conteúdo abordado (HSU et al. 2009, apud DAĞ, 2016).

Os formulários fazem uso da escala *Likert* com cinco graus de satisfação: 1 = Péssimo; 2 = Ruim; 3 = Regular; 4 = Bom; 5 = Excelente. Além de dar a nota o avaliador deveria apresentar também uma breve justificativa referente ao valor atribuído, enriquecendo os processos de análise das potencialidades do produto educacional.

Para mensurar o grau de concordância dos avaliadores, sistematização e análise dos dados, foram utilizadas técnicas de estatística descritiva simples - como análise de gráficos e uso de tabelas - e o Ranking Médio (RM), proposto por Oliveira (2005), para obter o grau de concordância geral das questões avaliadas. O RM é definido como uma média ponderada, conforme Equação (3):

$$RM = \frac{(\sum_{i=1}^5 i \times N_{Ai})}{(\sum_{i=1}^5 i N_{Ai})} \quad (3)$$

onde N_{Ai} é o número de avaliadores que atribuiu o grau de satisfação i da escala *Likert*. Vale destacar que na escala *Likert* com cinco níveis de satisfação os valores menores do que três são considerados como discordantes, os maiores do que três como concordantes e iguais a três como indiferentes.

O convite com a apresentação da proposta de validação do produto por análise de pares foi feito no final de uma das aulas remotas da disciplina “Física no Ensino Fundamental em uma Perspectiva Multidisciplinar”, no dia 11/09/2020. Foram expostas a problemática

envolvendo a aplicação inicial, descrita na seção 4.2, e a possibilidade de o produto educacional ser aplicado e avaliado pela turma por meio de um sistema aberto de revisão por pares. Também foi apresentado um quadro (Quadro 8) com um resumo da sequência dos conteúdos e das atividades que compõem cada módulo e o tempo estimado para realização de cada um deles.

Quadro 8- Tempo estimado para realização de cada conteúdo proposto nos respectivos módulos.

Atribuição	Conteúdo trabalhado no módulo	Tempo estimado para cada conteúdo	Tempo total estimado
Módulo I	Vídeo com a apresentação do produto.	10 min	115 min
	Formulário 1	10 min	
	Vídeo: Modelos atômicos	5 min	
	Simulações interativas sobre evolução dos modelos atômicos	5 min	
	Elaboração de mapas mentais referentes aos modelos de Sommerfeld e Schrödinger.	50 min	
	Atividade "Alquimista de Partículas" e leitura do texto "Alquimia".	15 min	
	Formulário 2	10 min	
	Intervenção assíncrona	10 min	
	Avaliação do produto educacional: módulo I.	Não estimado	
Módulo II	Vídeos: O Modelo Padrão da Física de Partículas.	60 min	100 min
	Texto e pôster ilustrativo sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas.	20 min	
	Atividade: mapas conceituais.	10 min	
	Intervenção assíncrona	10 min	
	Avaliação do produto educacional: módulo II.	Não estimado	
Módulo III	Atividade colaborativa e texto do incrível Hulk	15 min	92 min
	Vídeo: O russo que colocou a cabeça em um acelerador de partículas.	7 min	

Atividade colaborativa e Reportagem: CERN, berço da internet, celebra 30 anos da rede mundial de computadores.	15 min
Visita de campo virtual: Visita do CERN através do Google Street View.	20 min
Formulário 3: Ficha de anotação de campo.	25 min
Intervenção assíncrona	10 min
Avaliação do produto educacional: módulo III e do produto como um todo.	Não estimado

Fonte: Elaborado pelo autor.

Realizada a apresentação da proposta de aplicação, a próxima etapa era saber sobre a disponibilidade dos alunos da turma em participar do processo de avaliação do produto educacional. Foi dado o prazo de uma semana para que os alunos aderissem à proposta. Para isso, foram enviados convites pelo *Google Classroom*. A turma possuía 13 alunos matriculados e oito aceitaram o convite para participar da avaliação. Vale mencionar que a participação no processo de revisão do ambiente virtual se deu de forma voluntária.

O período destinado à aplicação e à avaliação da sequência didática foi decidido em conjunto com os revisores, conforme o Quadro 9.

Quadro 9- Cronograma de aplicação do curso sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas.

Período da aplicação do produto	Atribuição	Conteúdos abordados
14/09/20 a 05/10/20	Módulo I	Evolução dos modelos atômicos.
	Módulo II	Partículas da matéria, forças fundamentais e Modelo Padrão da Física de Partículas.
	Módulo III	Os trabalhos desenvolvidos nos aceleradores de partículas e suas contribuições para a sociedade.

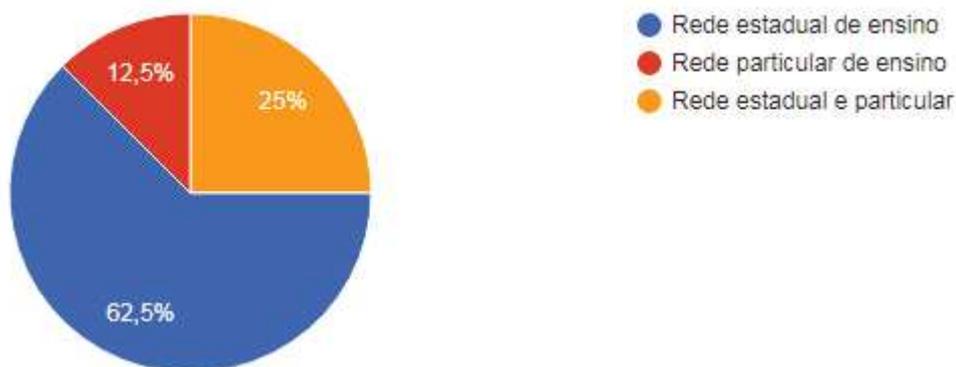
Fonte: Elaborado pelo autor.

Além da comunicação estabelecida pelo próprio AVA em que os revisores foram cadastrados, também foram disponibilizados diferentes canais de contato (telefone, *e-mail* e *whatsapp*) para facilitar e estimular a comunicação entre os revisores e o autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação da sequência didática contou com a colaboração de oito revisores. Como já mencionado anteriormente, os revisores possuíam conhecimento da área de estudo e a maioria era composta por professores de Física da rede pública de ensino, conforme observado no Gráfico 1.

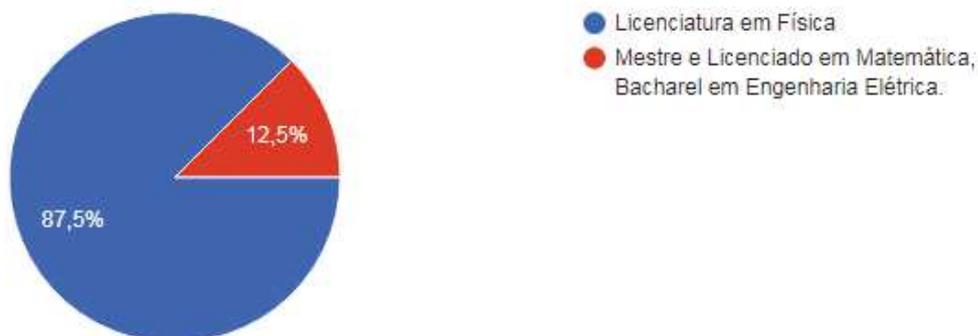
Gráfico 1- Local de exercício da função de professor.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à formação acadêmica, sete dos revisores possuíam Licenciatura em Física e um possuía Mestrado e Licenciatura em Matemática, além de Bacharelado em Engenharia Elétrica, conforme mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2- Graduação dos revisores.

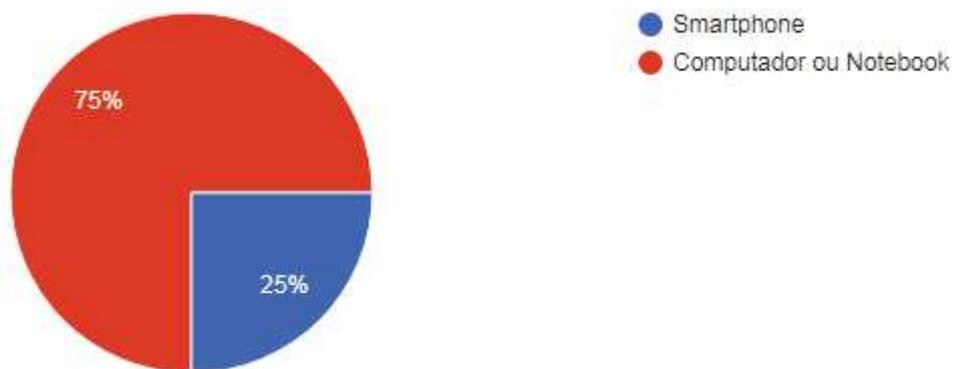


Fonte: Elaborado pelo autor.

A formação acadêmica, a atuação profissional e o fato de serem pesquisadores na área de Ensino de Física tornam os colaboradores aptos a realizarem o processo de revisão por pares.

Outra informação importante diz respeito à ferramenta utilizada pelos revisores para acessar o AVA, conforme mostrado no Gráfico 3, a maioria utilizou computador/*notebook*.

Gráfico 3- Principal meio de acesso ao ambiente virtual de aprendizagem.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora a escolha do AVA tenha sido norteadada pelo fato de ele ser acessível por meio de *smartphone*, apenas dois revisores utilizaram esse tipo de dispositivo para acessar e avaliar a sequência didática.

Tal prática não interferiu no processo de avaliação do produto educacional, uma vez que todos os materiais disponíveis no AVA podem ser acessados por distintos recursos tecnológicos. Contudo, o acesso pelo computador, *notebook* ou *tablet*, apresenta uma interface mais organizada e detalhada quando comparada com aquela apresentada pelo *smartphone*.

No que diz respeito à avaliação da sequência didática optamos por apresentar os resultados da avaliação por módulo seguida da análise do produto educacional.

5.1 AVALIAÇÃO DO MÓDULO I

O módulo I aborda a evolução dos modelos atômicos adotados ao longo da história - Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr, Sommerfeld e Schrödinger - por meio de diferentes

recursos multimidiáticos, como formulários *Google*, vídeo, simulações, texto da *web*, entre outros.

A Tabela 1 apresenta as questões utilizadas para avaliar o módulo I, o grau de concordância dos avaliadores e o Ranking Médio (RM) para obter o grau de satisfação geral das questões avaliadas.

Tabela 1- Avaliação do módulo I quanto ao grau de satisfação dos avaliadores e ranking médio das questões avaliadas.

Avaliação do módulo quanto a:	Grau de satisfação					Ranking Médio (RM)
	1	2	3	4	5	
Organização dos materiais disponibilizados no módulo.				2	6	4,750
Adequação dos materiais utilizados para alcançar os objetivos do módulo.			1	3	4	4,375
Relevância dos conteúdos propostos para alcançar os objetivos do módulo.				3	5	4,625
Relevância da estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos do módulo.				3	5	4,625
Potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos do módulo.			1	2	5	4,500
Quanto ao tempo estipulado para execução do módulo.				3	5	4,625

Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale lembrar que a escala adotada apresenta cinco níveis de satisfação, sendo que os valores menores do que três são considerados como discordantes, iguais a três como indiferentes e os maiores do que três como concordantes. Quanto aos valores do RM, será realizada uma discussão mais detalhada das questões que obtiveram valores iguais ou inferiores a 4,500, uma vez que valores superiores a este número conferem alto grau de concordância pela maioria dos avaliadores.

Todas as questões referentes à avaliação do módulo I obtiveram valores do RM superiores a quatro, se consolidando como questões consideradas satisfatórias pelos revisores, ou seja, apresentam grande potencial para atingirem os objetivos propostos. Assim sendo, podemos considerar que os recursos disponibilizados apresentam grande potencial para desempenhar a função de um organizador prévio, funcionando como ponte entre os

conhecimentos prévios que os alunos possuem e o que eles devem saber para a aquisição do novo conhecimento.

Entretanto, ao analisarmos esses valores de maneira isolada, observamos valores que se enquadram nos graus de satisfação regular (3 = Regular) e bom (4 = Bom), além de valores do RM iguais ou inferiores a 4,500, requerendo uma análise mais detalhada da questão avaliada.

Quanto à adequação dos materiais utilizados para alcançar os objetivos do módulo, cujo valor do RM foi igual a 4,375, destacamos algumas observações feitas pelos revisores:

Revisor 01: *As questões apresentadas nas atividades não são complexas. Porém, o fato de serem aplicadas com sistema remoto é uma preocupação. São questões que podem ser respondidas facilmente com respostas prontas da internet. É necessário deixar claro para os alunos que o objetivo não é acertar a resposta. O objetivo é levantar os conhecimentos que eles possuem e também analisar a compreensão deles a partir das leituras e "dinâmicas" realizadas.*

Revisor 02: *O aplicativo dos modelos não tem o menor grau de interatividade. Poderia ter ocorrido neste momento um processo investigativo.*

Revisor 05: *Para a segunda atividade, talvez vale a pena colocar um material falando sobre a tabela periódica e o que são átomos ionizados, porque dependendo do momento que essa sequência didática for aplicada os meninos podem não ter visto isto na química ou ter dúvidas.*

Para a aplicação da sequência didática em sala de aula, o primeiro formulário (Apêndice I) tem como objetivo investigar as concepções prévias dos alunos sobre Física de Partículas. Portanto, como mencionado pelo Revisor 01, é necessário enfatizar a real importância das questões propostas no formulário, deixando claro para o aluno o propósito da atividade.

Sobre a problemática abordada pelo Revisor 02, um dos critérios usados para a escolha dos simuladores que compõem o AVA foi o fato de poderem ser acessados pelos tipos mais comuns de *smartphones*, tendo em vista o caráter estrutural da sequência didática que é baseada na aprendizagem móvel. Esse mesmo caráter estrutural justifica a não inserção de conceitos específicos de química, como mencionado pelo Revisor 05, uma vez que o aluno é empossado de recursos tecnológicos que trazem a possibilidade da busca por diferentes informações, caso necessário.

Outra questão que obteve RM igual a 4,500 diz respeito ao potencial das atividades utilizadas para alcançar os objetivos do módulo. A seguir apresentamos algumas observações feitas pelos revisores:

Revisor 01: *Pensaria em um ajuste para a atividade de mapa mental.*

Revisor 02: *Em algumas etapas o processo ficou bem interativo e muito interessante, mas continuo achando que o aplicativo deixa a desejar.*

Revisor 05: *Uma sugestão para instigar mais os alunos, seria mais uma atividade, que os alunos tentassem reproduzir no simulador 2 os átomos feito por seus colegas, ou que fosse feito um sorteio de um átomo para cada aluno e ele deveria postar uma foto do simulador com o átomo que ele foi sorteado. Acredito que essa atividade geraria mais engajamento dos alunos.*

O Revisor 01 menciona a atividade que envolve a elaboração de mapas mentais referentes aos modelos de Sommerfeld e Schrödinger. A proposta da construção de um mapa mental se apresenta como uma alternativa adequada para identificar os conhecimentos prévios dos alunos, conforme mencionam Hilger e Griebeler (2016). Além disso, a forma como a atividade é proposta - ser feita em grupo e postada em formato de fotografia - corrobora com o processo de aquisição do conhecimento de maneira colaborativa e explora outro recurso multimidiático, que no caso é a fotografia.

O Revisor 05 apresenta uma sugestão para a atividade “Alquimista de Partículas”. Por se tratar de uma proposta de sequência didática que foi elaborada conforme a realidade de um grupo específico de alunos, vale destacar que alterações, modificações e ajustes são necessários, de maneira que atenda à demanda do público-alvo envolvido. Portanto, cabe ao professor fazer os ajustes que julgar necessário para atender as demandas de sua turma.

Como mencionado pelo Revisor 02, também concordamos que o aplicativo apresenta muitas limitações. Todavia, sua gratuidade, o fácil acesso e a possibilidade de ser acessado por meio de *smartphones* fazem do Google Sala de Aula uma boa alternativa de ferramenta educacional para utilização em modelos híbridos de ensino, como o nosso.

5.2 AVALIAÇÃO DO MÓDULO II

O módulo II tem como objetivo principal apresentar o Modelo Padrão da Física de Partículas e discutir sobre as partículas constituintes da matéria e as forças fundamentais da natureza, por meio de distintos recursos multimidiáticos, tais como: vídeos, textos *on-line*, entre outros.

A Tabela 2 apresenta as questões utilizadas para avaliar o módulo II, o grau de concordância dos avaliadores e o Ranking Médio (RM) para obter o grau de satisfação geral das questões avaliadas.

Tabela 2- Avaliação do módulo II quanto ao grau de satisfação dos avaliadores e ranking médio das questões avaliadas.

Avaliação do módulo quanto a:	Grau de satisfação					Ranking Médio (RM)
	1	2	3	4	5	
Organização dos materiais disponibilizados no módulo.			1	1	6	4,625
Adequação dos materiais utilizados para alcançar os objetivos do módulo.			2	2	4	4,250
Relevância dos conteúdos propostos para alcançar os objetivos do módulo.				3	5	4,625
Relevância da estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos do módulo.			1	2	5	4,500
Potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos do módulo.				5	3	4,375
Quanto ao tempo estipulado para execução do módulo.				2	6	4,750

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todas as questões referentes à avaliação do módulo II obtiveram valores do Ranking Médio (RM) superiores a quatro, afirmando-se como satisfatórias pelos revisores.

A partir desta avaliação, entendemos que os recursos utilizados para a elaboração do módulo II apresentam grande potencial para serem utilizados como ferramentas educacionais capazes de promover uma diferenciação progressiva dos conceitos mais gerais e inclusivos, que no caso são: partículas da matéria e forças e partículas transportadoras.

Entretanto, assim como no módulo I, ao fazermos uma análise isolada do grau de satisfação dos avaliadores, observamos algumas questões com valores do RM iguais ou inferiores a 4,500, cabendo uma discussão mais detalhada.

A adequação dos materiais utilizados para alcançar os objetivos do módulo II obteve valor de 4,250 para o RM. Dois revisores consideraram os materiais escolhidos como regulares, ou seja, valor três para o grau de satisfação. Como já informado, na escala Likert valores iguais a três são classificados como indiferentes. Entre as justificativas das notas atribuídas pelos revisores, destacamos as seguintes:

Revisor 01: *Acredito que os alunos terão certa dificuldade para compreender alguns conceitos apresentados. No vídeo “O Modelo Padrão da Física de Partículas” são apresentados conceitos complexos como por exemplo antimatéria. Apesar do tempo curto do vídeo, são muitos conceitos complexos e que necessitam de um trabalho mais detalhado para serem compreendidos. Para uma melhor adequação dos materiais, sugiro a criação de um índice contendo os principais conceitos abordados. Dessa forma, os alunos podem ser orientados a consultar o índice no momento em que estiverem, por exemplo, assistindo o vídeo. A criação do índice pode inclusive ser construído a partir da demanda dos próprios alunos.*

Revisor 04: *Fiquei um pouco preocupado com o vídeo sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas. É um vídeo bom, porém não poderia ser aplicado para qualquer turma do ensino público. Eu tenho turma que não entenderia o vídeo. Já o vídeo da Professora Marina Nielsen é excelente.*

Os revisores 01 e 04 fazem menção sobre o vídeo “CounterClockWise” e destacam a complexidade com que o assunto é exposto. De fato, trata-se de um vídeo com um grau de dificuldade considerável, no que diz respeito à abordagem do tema, uma vez que, como mencionado pelo revisor 01, além do Modelo Padrão, faz menção a outros conceitos que não são abordados na sequência didática.

Entretanto, a escolha desse vídeo se baseia no processo de modelização para o ensino de conceitos científicos, uma vez que, além de apresentar todos os elementos necessários que constituem o processo, também expõe novas situações-problemas, a exemplo: o conceito de antimatéria, como mencionado pelo revisor 01.

Para dar suporte ao aluno, também foi disponibilizado um vídeo da Sociedade Brasileira de Física (SBF) intitulado “O que são partículas elementares?” e um pôster ilustrativo, além dos textos do CERN. A ideia é que os conceitos estruturantes - partículas

elementares e forças fundamentais - sejam trabalhados e discutidos durante a intervenção realizada pelo professor, fazendo uso dos mapas conceituais (Apêndices III e IV) já preenchidos pelos alunos após terem realizado as pesquisas necessárias para tal ação.

A relevância da estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos do módulo obteve um valor para o RM igual a 4,500, compreendendo valores que se enquadram nos graus de satisfação regular (3 = Regular) e bom (4 = Bom). Seguem algumas justificativas dos revisores quanto a nota atribuída:

Revisor 01: *É lógico que a intervenção do professor é decisiva e nisto eu não tenho condição de avaliar. É evidente que não cabe mais uma aula expositiva de forma convencional.*

Revisor 04: *Caso fosse uma aula síncrona o aproveitamento seria melhor, mas dadas as proporções e as situações o módulo foi ótimo.*

Revisor 05: *A estrutura de ensino pode ser melhorada propondo algumas atividades intermediárias que possibilitem aos alunos uma maior evolução da compreensão dos conceitos abordados.*

A proposta híbrida de ensino, além da parte *on-line*, necessita que haja uma combinação de diferentes elementos, com destaque para a interação do ser humano com as tecnologias (MORAN, 2015). Portanto, como mencionado pelo revisor 01 e sugerido pelo revisor 04, o momento de intervenção realizado pelo professor é de extrema importância, bem como o momento de aprendizado *on-line*.

O revisor 05 sugere a inserção de novas atividades para uma melhor compreensão dos conceitos abordados. Tal proposta é pertinente e factível, considerando a proposta de ensino adotada. Vale ressaltar que, caso esta ação seja realizada, conforme o conteúdo da sequência didática foi estruturado, é importante que as proposições mais gerais e inclusivas do conteúdo trabalhado - o Modelo Padrão da Física de Partículas - sejam apresentadas no início e diferenciadas ao longo do processo. Vale lembrar que a proposta é dinâmica e o material não é autoinstrutivo, cabendo ao professor as intervenções necessárias para que a aprendizagem ocorra de forma significativa.

Por fim, a questão referente a potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos do módulo obteve valor do RM igual a 4,375. A maioria dos revisores atribuiu nota quatro ao grau de satisfação da questão analisada. Todas as justificativas, de maneira geral,

dizem respeito à complexidade do tema abordado e à necessidade de um tempo maior de intervenção com o professor. Conforme apontado no início deste trabalho, a Física Contemporânea tem sido pouco explorada nos currículos de Física da Escola Básica, justamente por ser considerada um conteúdo complexo e de difícil compreensão por parte dos alunos. Um dos propósitos deste trabalho também é desmistificar essa visão.

5.3 AVALIAÇÃO DO MÓDULO III

O módulo III visa apresentar alguns trabalhos desenvolvidos nos aceleradores de partículas e suas contribuições para sociedade por meio de diferentes recursos multimidiáticos, tais como: vídeos, hipertextos, ferramentas de georreferenciamento *on-line*, dentre outros.

A Tabela 3 apresenta as questões utilizadas para avaliar o módulo III, o grau de concordância dos avaliadores e o Ranking Médio (RM) para obter o grau de satisfação geral das questões avaliadas.

Tabela 3- Avaliação do módulo III quanto ao grau de satisfação dos avaliadores e ranking médio das questões avaliadas.

Avaliação do módulo quanto a:	Grau de satisfação					Ranking Médio (RM)
	1	2	3	4	5	
Organização dos materiais disponibilizados no módulo.				3	5	4,625
Adequação dos materiais utilizados para alcançar os objetivos do módulo.				2	6	4,750
Relevância dos conteúdos propostos para alcançar os objetivos do módulo.			1		7	4,750
Relevância da estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos do módulo.				1	7	4,875
Potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos do módulo.				2	6	4,750
Quanto ao tempo estipulado para execução do módulo.			2		6	4,500

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como nos módulos anteriores as questões avaliadas no módulo III apresentaram valores para o RM superiores a quatro, se consolidando como satisfatórias pelos revisores.

As escolhas dos materiais e das atividades, da maneira com que foram propostas, apresentam grande potencial para explorar os conhecimentos disciplinares que os alunos adquiriram. Também possibilitam que o professor relacione os conteúdos científicos com questões do cotidiano, de forma que não sejam abordados de maneira isolada do desenvolvimento histórico, tecnológico e científico.

Embora a questão referente à relevância dos conteúdos propostos para alcançar os objetivos do módulo tenha obtido valor de 4,750 para o RM, um revisor atribuiu nota três quanto ao grau de satisfação. Como justificativa o Revisor 01 menciona que:

Para saber se os alunos irão perceber e compreender claramente quais são as contribuições do acelerador de partículas para a sociedade dependerá muito da mediação realizada durante as atividades. Apresentar e trazer informações sobre o funcionamento do acelerador de partículas não é suficiente para uma aprendizagem de conteúdos científicos. Algumas questões apresentadas na ficha de campo trazem apenas informações (data, localização, nome dos experimentos, estudos desenvolvidos). Por exemplo, sobre os estudos desenvolvidos, serão discutidos? É muito amplo e envolve conceitos complexos.

Sobre esse apontamento, vale destacar que o principal objetivo do módulo III é apresentar o contexto histórico em que o Modelo Padrão da Física de Partículas foi desenvolvido e as suas principais contribuições para a sociedade. Durante o processo de intervenção, caberá ao professor apresentar os conceitos mais gerais e inclusivos, de maneira que o aluno possa compreender a relação direta entre ciência e tecnologia com os aspectos políticos, sociais e econômicos. Além disso, o terceiro módulo faz uso de ferramentas que aproximam o estudante do local onde as pesquisas são desenvolvidas.

Ainda com relação ao módulo III, a questão referente ao tempo estipulado para execução das atividades obteve o valor do RM igual a 4,500. Dois revisores atribuíram grau 3 – que na escala *Likert* significa indiferente – porém, podemos inferir que avaliaram o tempo proposto como sendo insuficiente, principalmente no que diz respeito ao processo de intervenção realizado pelo professor. A adequação do tempo das atividades pode ser feita pelo professor no decorrer do processo de acordo com o retorno observado dos alunos.

5.4 AVALIAÇÃO GERAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

De maneira análoga aos módulos I, II e III, também foi realizada uma avaliação geral da sequência didática quanto a sua potencialidade para o ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas utilizando o ambiente virtual Google Sala de Aula.

A Tabela 4 apresenta as questões utilizadas para avaliar o curso, o grau de concordância dos avaliadores e o Ranking Médio (RM) para obter o grau de satisfação geral das questões avaliadas.

Tabela 4- Avaliação do curso quanto ao grau de satisfação dos avaliadores e ranking médio das questões avaliadas.

Avaliação do curso quanto a:	Grau de satisfação					Ranking Médio (RM)
	1	2	3	4	5	
Avaliação dos materiais didáticos utilizados para a abordagem do tema referente a evolução dos modelos atômicos e do Modelo Padrão da Física de Partículas?				2	6	4,750
Organização dos materiais disponibilizados no curso.			1	2	5	4,500
Adequação dos materiais e recursos utilizados para alcançar os objetivos do curso.				2	6	4,750
Relevância quanto a estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos geral e específicos do curso.				2	6	4,750
Potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos geral e específicos do curso.				1	7	4,875
Quanto ao tempo estipulado para a conclusão do curso.			1	3	4	4,375

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como nos módulos anteriores, Todas as questões apresentaram valores para o RM superiores a quatro, se consolidando como satisfatórias pelos revisores.

Entretanto, quando analisamos a questão referente à organização dos materiais disponibilizados no curso, cujo valor do RM foi igual a 4,500, podemos observar valores que se enquadram nos graus de satisfação regular (3 = Regular) e bom (4 = Bom). A atribuição de tais valores, segundo a justificativa dos revisores, é devido a:

Revisor 01: *No começo senti falta de uma teoria um pouco mais explicada, mas apareceu nos módulos 2 e 3.*

Revisor 05: *Talvez colocar os módulos na aba atividade e não no mural, como nos foi apresentado.*

Revisor 07: *A organização geral é boa.*

Como já mencionado anteriormente, o primeiro módulo tem por finalidade explorar os conhecimentos prévios necessários para a aquisição do novo conhecimento. Portanto, como citado pelo revisor 01 e partindo da premissa de uma aprendizagem do tipo subordinada, no decorrer dos módulos são atribuídos novos significados para os conhecimentos prévios necessários, corroborando com o processo de assimilação para um novo conhecimento.

Os revisores 05 e 07 atribuíram o valor quatro, quanto ao grau de satisfação, no que diz respeito à organização geral dos materiais do curso. A justificativa do revisor 05 vem no formato de uma sugestão que é factível e aplicável, sem nenhum prejuízo para o desenvolvimento da sequência didática. O revisor 07 não apresentou nenhuma justificativa quanto a nota atribuída.

O tempo proposto para execução do curso obteve o valor do RM igual a 4,375. Todas as justificativas convergem para a necessidade da ampliação do tempo, principalmente nos processos de intervenções a serem realizadas pelo professor. A definição do tempo, segundo os revisores, dependerá da turma em que a sequência didática for aplicada e do tipo de abordagem adotada pelo professor.

De uma maneira geral, a sequência didática foi validada por seis dos oito revisores em ser utilizada como ferramenta de ensino para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas. Dois revisores consideram que a sequência didática possa atingir parcialmente os objetivos propostos. Dentre as justificativas atribuídas destacamos:

Revisor 01: *Apresentei anteriormente alguns pontos para melhorar.*

Revisor 02: *Acredito que seja necessário fazer um link entre o modelo do átomo da Física de Partícula com o CERN, pode não ficar claro para o aluno. Outro ponto que precisa ser pensado é como medir a efetividade da sequência didática, talvez aplicar uma avaliação diagnóstica no início e uma somativa no final e comparar?*

Nas seções anteriores já foram expostas as considerações feitas pelo revisor 01, como mencionado por ele. O revisor 02 apresenta dois pontos importantes e passíveis de discussão: como estabelecer uma conexão entre o Modelo Padrão e o CERN e o processo de avaliação da aprendizagem do aluno.

O módulo III foi estruturado de maneira a explorar os conhecimentos disciplinares abordados nos módulos anteriores, discutindo as aplicações no cotidiano dos conceitos relacionados ao Modelo Padrão da Física de Partículas, de forma que não sejam abordados de maneira isolada do desenvolvimento histórico, tecnológico e científico. Para tal, o módulo III proporciona recursos que permitem uma discussão sobre os trabalhos desenvolvidos no CERN e algumas de suas contribuições para o avanço nas áreas de materiais, energia, medicina, entre outras.

Além disso, ainda no módulo III, as atividades propostas, os materiais disponibilizados e a utilização de recursos *on-line* pelo professor, durante o processo de intervenção, foram estruturados de maneira a incentivar os alunos a explorarem os novos significados apresentados e buscar diferenças e similaridades com os conhecimentos prévios já adquiridos, promovendo uma reconciliação integrativa entre os subsunçores e os novos conceitos abordados.

Quanto ao processo de avaliação da aprendizagem do aluno, é proposto que seja realizada por meio da análise progressiva e contínua das atividades realizadas no decorrer dos módulos. Pode-se explorar também a “Ficha de anotações de campo” (Apêndice V) que, além de questões tradicionais no formato de pergunta e resposta, contém uma questão que traz a possibilidade de o aluno refletir acerca dos novos conhecimentos adquiridos. Outra alternativa que pode ser utilizada pelo professor para a avaliação da aprendizagem é a possibilidade de reaplicar o formulário 1 (Apêndice I) e comparar com os resultados obtidos anteriormente, no início do primeiro módulo, caso julgue necessário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos o desenvolvimento e validação de uma sequência didática para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas (MPFP) utilizando um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e diferentes recursos multimidiáticos que podem ser acessados por distintos dispositivos de comunicação com acesso à internet, incluindo os *smartphones*. Com características do modelo de rotação e de uma proposta híbrida de ensino, a sequência didática foi organizada em três módulos de ensino, que seguem a forma de aprendizagem do tipo subordinada, que, além da assimilação do novo conhecimento, visa promover uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) do aluno.

Acreditamos que o modelo adotado ajuda a contribuir para mitigar alguns dos problemas que permeiam o ensino de Física, mormente na rede pública, com a utilização de uma metodologia de ensino mais atual e ativa, alinhada à demanda da sociedade contemporânea. Além disso, o AVA possibilita uma abordagem do MPFP que leva em consideração o contexto social em que o modelo foi desenvolvido e o impacto gerado na sociedade. Haja vista que muitos dos recursos tecnológicos existentes e que foram utilizados para o desenvolvimento da sequência didática fazem uso de conhecimentos relacionados a esse conteúdo.

Embora o MPFP seja um tema que engloba conceitos de extrema complexidade, a utilização do processo de modelagem científica se apresenta como uma prática eficiente a ser utilizada no processo de transposição de temas contemporâneos de Física para sala de aula. Entendemos que esse processo é uma ferramenta facilitadora da aprendizagem e passível de ser empregado para abordar conteúdos que apresentem conceitos mais complexos, facilitando a assimilação de novos conhecimentos e promovendo a ACT do aluno.

Devido a implementação do regime especial de aulas não presenciais, em decorrência da pandemia da COVID-19, e dos transtornos que o novo regime gerou, o produto educacional não pôde ser aplicado em sala regular conforme previsto inicialmente. Por isso, a análise das potencialidades da sequência didática se deu por meio de um processo de revisão por pares.

É importante destacar que, tendo em vista que o produto educacional se trata de uma ferramenta híbrida de ensino e que utiliza recursos disponíveis na *internet*, houve a tentativa de realizar a sua aplicação, mediante a algumas adaptações, de maneira a atender a modalidade

remota de ensino. Entretanto, além das adversidades decorrentes do isolamento social durante a pandemia, foi observado uma dificuldade, por parte dos alunos, na realização das atividades de caráter obrigatório. Além das restrições de acesso à *internet*, a implementação e utilização de uma nova proposta metodológica, embora necessária, não se mostrou eficiente, se tornando um grande desafio tanto para os professores quanto para os alunos, evidenciando a necessidade da adoção de metodologias que sejam mais modernas e inovadoras.

Os resultados obtidos na avaliação da sequência didática indicam que o AVA, da maneira com que foi proposto, apresenta um grande potencial para o ensino de conteúdos específicos de Física Moderna e Contemporânea utilizando o ambiente virtual *Google Sala de Aula*.

Vale mencionar que a metodologia utilizada para a avaliação do produto educacional não possibilitou mensurar a aprendizagem que o AVA pode proporcionar ao aluno. Também não foi possível analisar a eficácia da utilização do modelo de ensino híbrido para abordar conteúdos específicos de Física. Entendemos que essas avaliações são importantes e que devem ser efetuadas no futuro. Apesar disso, embora tenha sido observada a necessidade da reformulação de alguns tópicos, com destaque para o tempo indicado para intervenção realizada pelo professor durante a aplicação das atividades, o produto educacional foi avaliado positivamente pelos revisores como potencial ferramenta para abordar o MPFP.

Por fim, o contexto em que a sequência didática foi aplicada e as limitações intrínsecas do processo de avaliação do produto educacional não foram encarados como problemas. Ao contrário, além de contribuir para o enriquecimento da teoria discutida neste trabalho, as adversidades ocorridas durante o seu desenvolvimento se apresentam como questões motivadoras passíveis de outras investigações em estudos futuros.

REFERÊNCIAS

AULER, Décio. Alfabetização científico-tecnológica: um novo "paradigma"? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 5, n. 1, p. 68-83, 2003.

ALVES, Marcos Fernando Soares; ALANIS, Denise; COSTA, Luciano Gonsalves. Um mapa conceitual sobre a evolução do conceito do átomo: uma introdução à Física de partículas elementares para o Ensino Médio. *Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 2, 2010.

BACICH, Lilian. Ensino Híbrido: Proposta de formação de professores para uso integrado das tecnologias digitais nas ações de ensino e aprendizagem. In: *Anais do Workshop de Informática na escola*. 2016. p. 679.

BARROQUEIRO, Carlos Henrique; AMARAL, Luiz Henrique. O uso das tecnologias da informação e da comunicação no processo de ensino-aprendizagem dos alunos nativos digitais nas aulas de física e matemática. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 2, p. 123-143, 2011.

BARROSO, Felipe; ANTUNES, Mariana. TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO: FERRAMENTAS DIGITAIS FACILITADORAS DA PRÁTICA DOCENTE. **Revista Pesquisa e Debate em Educação**, v. 5, n. 1, 2016.

BEAL, Ricardo et al. Da descoberta do núcleo ao Bóson de Higgs: uma introdução ao modelo padrão de partículas elementares com atividades virtuais. 2018.

BELZ, Carlos Eduardo. A Fotografia como ferramenta de Ensino e Divulgação Científica. **Revista de Fotografia Científica Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 26-29, 2017.

BETTANIN, Eleani; DE PINHO ALVES FILHO, José. Alfabetização Científica e Técnica: um instrumento para observação dos seus atributos. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 20-33, 2003.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. A modelagem científica vista como um campo conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 507-545, 2011.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017. Disponível em: <Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf >. Acesso em: 19/04/2020.

BRASIL. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+): Ciências da Natureza e suas Tecnologias (MEC, Brasília, 2002). < Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> >. Acessado em : 18/04/2020.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as Regras da Transposição Didática Aplicáveis aos Conceitos de Física Moderna?. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2016.

CARVALHO, Ana Amélia Amorim. Rentabilizar a Internet no Ensino Básico e Secundário: dos recursos e ferramentas online aos LMS. **Sísifo**, n. 3, p. 25-40/EN 25-38, 2016.

CNPEN. Aceleradores de partículas e seus impactos na sociedade. Disponível em: <<http://cnpem.br/aceleradores-de-particulas-e-seus-impactos-na-sociedade/>> . Acesso em: 03 de out. de 2019.

CERN. The Standard Model. Disponível em: <<https://home.cern/science/physics/standard-model>>. Acesso em: 02 de out. de 2020.

COSCARELLI, Carla Viana. Textos e hipertextos: procurando o equilíbrio. **Linguagem em (Dis) curso**, v. 9, n. 3, p. 549-564, 2010.

COSSI JUNIOR, Odair Aparecido. **Material didático de apoio ao professor sobre tópicos de física de partículas elementares para o ensino médio**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

COSTA, Ana Maria Simões Netto; FERREIRA, Andre Luis Andrejew. Novas possibilidades metodológicas para o ensino-aprendizagem mediados pelas redes sociais Twitter e Facebook. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 3, n. 2, p. 136-147, 2012.

DA FONSECA, Ana Graciela Mendes Fernandes. Aprendizagem, mobilidade e convergência: mobile learning com celulares e smartphones. **Revista Mídia e Cotidiano**, v. 2, n. 2, p. 265-283, 2013.

DAĞ, Funda. The Turkish version of web-based learning platform evaluation scale: Reliability and validity study. **Educational Sciences: Theory & Practice**, v. 16, n. 5, 2016.

DA SILVA, Jorge Luís. **Física de Partículas: Possibilidades para o Ensino Médio**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Cariri.

FERNANDES, Sandro Soares. Física de partículas no Ensino Médio? Propostas de atividades que estão ao alcance dos nossos alunos. **Física em Revista - Cadernos de Ensino do Colégio Pedro II**, v. 1, n. 1, p. 15, 2017.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

GEDIEL, Ana Luisa Borba; SOARES, Charley Pereira; DE OLIVEIRA, Cristiane Lopes Rocha. O ambiente virtual como aliado no processo de ensino e aprendizagem da Libras. **Revista (Con) textos Linguísticos**, v. 10, n. 16, p. 24-37, 2016.

GOOGLE. For Education. Disponível em : <https://edu.google.com/intl/pt-BR/products/gsuite-for-education/?modal_active=none>. Acessado em: 28 de ago. de 2019.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Caderno brasileiro de ensino de física. Florianópolis. Vol. 29, nesp 2 (out. 2012), p. 965-1007**, 2012.

HILGER, Thaís Rafaela; GRIEBELER, Adriane. Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativo utilizando mapas conceituais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 199-213, 2016.

HORN, Michael B.; STAKER, Heather; CHRISTENSEN, Clayton. **Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Penso Editora, 2015.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2020 - Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101705> >. Acesso em: 29/04/2009.

JENAL, Sabine et al. O processo de revisão por pares: uma revisão integrativa de literatura. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 25, n. 5, p. 802-808, 2012.

JÚNIOR, OSMAR PEREIRA SILVA. **O Mirabolante Mundo das Partículas Elementares: uma sequência didática para professores de física**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Teachers's views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, London, v. 25, n. 11, 1369-1386, 2003.

LEITE, Bruno Silva. M-Learning: o uso de dispositivos móveis como ferramenta didática no Ensino de Química. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 3, 2014.

LONDERO, Leandro; MOSINAHTI, Giovana. A problematização da física de partículas elementares e o uso de notícias da imprensa. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 5255-5260, 2017.

LOPES, Bruno Elias Rocha; MACHADO, Beatriz Gomes. Dos Filósofos Gregos à Bohr: uma revisão histórica sobre a evolução dos modelos atômicos. **Revista Ifes Ciência-ISSN 2359-4799**, v. 4, n. 2, 2018.

MARTINS, Luciana Junqueira; SEABRA, Vinicius da Silva; CARVALHO, Vânia Salomon Guaycuru de. O uso do Google Earth como ferramenta no ensino básico da Geografia. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, v. 16, p. 2657-2664, 2013.

MENDES DA SILVA, Wesley. Revisão pelos pares e ciência aberta na comunidade de pesquisa em negócios. *Revista de Administração Contemporânea*, Maringá, v.23, n.4, p. 1-6, jul./ago. 2019.

MORAN, José Manuel. O vídeo na sala de aula. **Comunicação & Educação**, n. 2, p. 27-35, 1995.

MORAN, José. Educação Híbrida: um conceito-chave para a educação, hoje. In: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (Org.). Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa, campos conceituais e pedagogia da autonomia: implicações para o ensino. **Anais online do IX Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, p. 17-19, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia**. Ponta Grossa. Vol. 7, no. 2 (maio/ago. 2014), p. 1-20, 2014.

MORTIMER, Eduardo Fleury et al. Concepções atomistas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, v. 1, n. 1, p. 23-26, 1995.

MOURA, Adelina; CARVALHO, Ana Amélia. Peddy-paper literário mediado por telemóvel. **Educação, Formação & Tecnologias**, vol.2, pp. 22-40, nov. 2009. Disponível em: <<http://eft.educom.pt/index.php/eft>>. Acesso em: 29 ago. 2019.

NASSI-CALÒ, L. Avaliação por pares: ruim com ela, pior sem ela [online]. **SciELO em Perspectiva**, 2015. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2015/04/17/avaliacao-por-pares-ruim-com-ela-pior-sem-ela/>. Acessado em: 06 set. 2020.

NETO, José Francisco Barbosa; DA FONSECA, Fernando de Souza. Jogos educativos em dispositivos móveis como auxílio ao ensino da matemática. **RENOTE**, v. 11, n. 1, 2013.

OLIVEIRA, Jefferson Rodrigues de. **Games digitais: uma abordagem de física de partículas elementares no ensino médio**. 2018.

OLIVEIRA, Luciel Henrique de. Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert. Notas de Aula. Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração. **Dissertação de Mestrado em Adm. e Desenvolvimento Organizacional**. PPGA CNEC/FACECA: Varginha, 2005.

OLIVEIRA, Nilza Aparecida da S. A educação ambiental e a percepção fenomenológica, através de mapas mentais. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 16, 2006.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PASSARELLI, Brasilina; JUNQUEIRA, Antonio Helio; ANGELUCI, Alan César Belo. Os nativos digitais no Brasil e seus comportamentos diante das telas. **Matrizes**, v. 8, n. 1, p. 159-178, 2014.

PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em ensino de Ciências**. Vol. 4, n. 3, dezembro de 1999. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol4/n3/v4_n3_a3.htm> Acessado em: 09 de out. de 2019.

SCHIEHL, Edson Pedro; GASPARINI, Isabela. Contribuições do google sala de aula para o ensino híbrido. **RENOTE**, v. 14, n. 2, 2016.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Resolução SEE nº4.310 de 17 de abril de 2020. 09p. Disponível em: <https://www2.educacao.mg.gov.br/sobre/servicos-18/legislacao/resolucoes/documents?by_year=0&by_month=&by_format=&category_id=247&ordering=&q=4310>. Acessado em: 05 de set. de 2020.

SCHNEIDER, Catiúcia Klug; CAETANO, Lélia; RIBEIRO, Luis Otoni Meireles. Análise de vídeos educacionais no youtube: caracteres e legibilidade. **RENOTE**, v. 10, n. 1, 2012.

SILVA, Cláudio NN; SILVEIRA, Murilo AA; MUELLER, Suzana PM. Sistema de revisão por pares na ciência: o caso de revistas científicas do Brasil, da Espanha e do México, 2015.

SILVA, Giovanna Stefanello. A abordagem do modelo atômico de Bohr através de atividades experimentais e de modelagem. **Dissertação de Mestrado** em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2013.

SILVA, José Rafael Rosa da et al. As tecnologias da informação e comunicação no ensino de Geografia: formação e prática docente. 2015.

SILVA, Kaio Moab de Oliveira et al. DOS ATOMISTAS AO ÁTOMO MODERNO: Um resgate histórico da evolução dos modelos atômicos. 2021.

SIQUEIRA, Maxwell Roger da Purificação. **Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOUSA, W. F. de. Inserção de conceitos de física de partículas elementares no ensino médio por meio de um material paradidático. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física Programa de Pós-graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SOUZA, Talita G.; FERREIRA, Rafael Q. Considerações gerais sobre o uso do ambiente virtual de aprendizagem no ensino de Química Analítica. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 992-1003, 2016.

SZCZEPANIK, G. A concepção de método científico para Mário Bunge. **Revista Guairacá**, n.27, p.09-30, 2011.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & cognição**, v. 13, n. 1, 2008.

TELEGRAM. Telegram FAQ. 2018. [online]. Disponível em: <https://telegram.org/faq>. Acesso em: 20 ago. 2020.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

THOMSON, Joseph John. XL. Cathode rays. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 44, n. 269, p. 293-316, 1897.

TIRONI, Cristiano Rodolfo et al. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, Água de Lindóia**, 2013.

VAGULA, E. Redes sociais e colaboração: o uso do Facebook como ferramenta de aprendizagem no parfor. **Caderno de Trabalhos Completos da Xamped Sul. Eixo**, 2014.

VIANA, Francisco Flavio Ribeiro. Física de Partículas no Ensino Médio: uma proposta experimental sobre partículas elementares e radiação cósmica. **Dissertação de mestrado** em Ensino de Física. Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Universidade Federal do ABC, 2020.

VIANA, Hélio Elael Bonini. A Construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso— e algumas reflexões para o ensino de química. 2007. **Dissertação de Mestrado**. Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo-USP. São Paulo, 2007.

WITT, D. Accelerate Learning with Google Apps for Education.[2015]. Disponível em: <https://danwittwcdsbca.wordpress.com/2015/08/16/accelerate-learning-with-google-apps-for-education/> . Acessado em: 27 de ago. de 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE I - FORMULÁRIO 1

Este questionário tem como objetivo principal fazer o levantamento dos seus conhecimentos a respeito do assunto. Portanto, responda às seguintes questões sem consultar nenhum outro material:

1 - Do que é constituída a matéria?

2 - O que são os átomos?

3 - De que são constituídos os átomos?

4 - Como os átomos estão organizados?

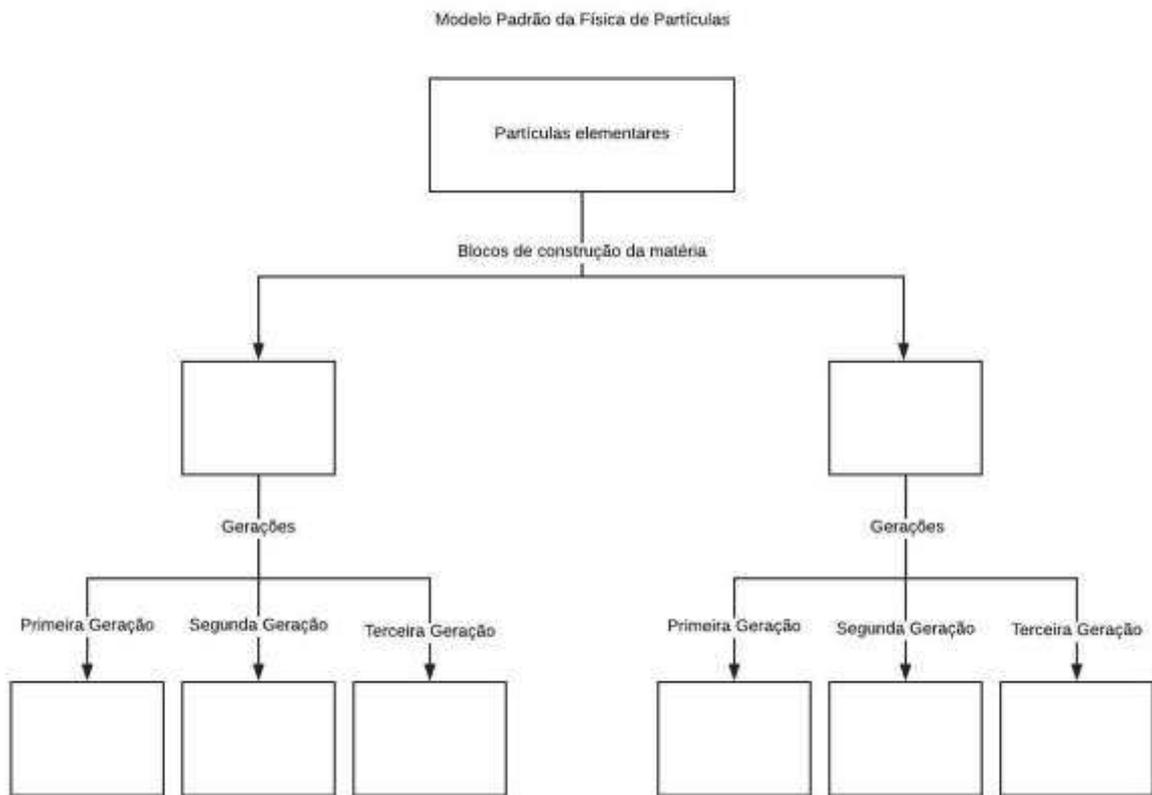
APÊNDICE II - FORMULÁRIO 2.

Com base em tudo que já vimos até aqui e em seus conhecimentos, responda:

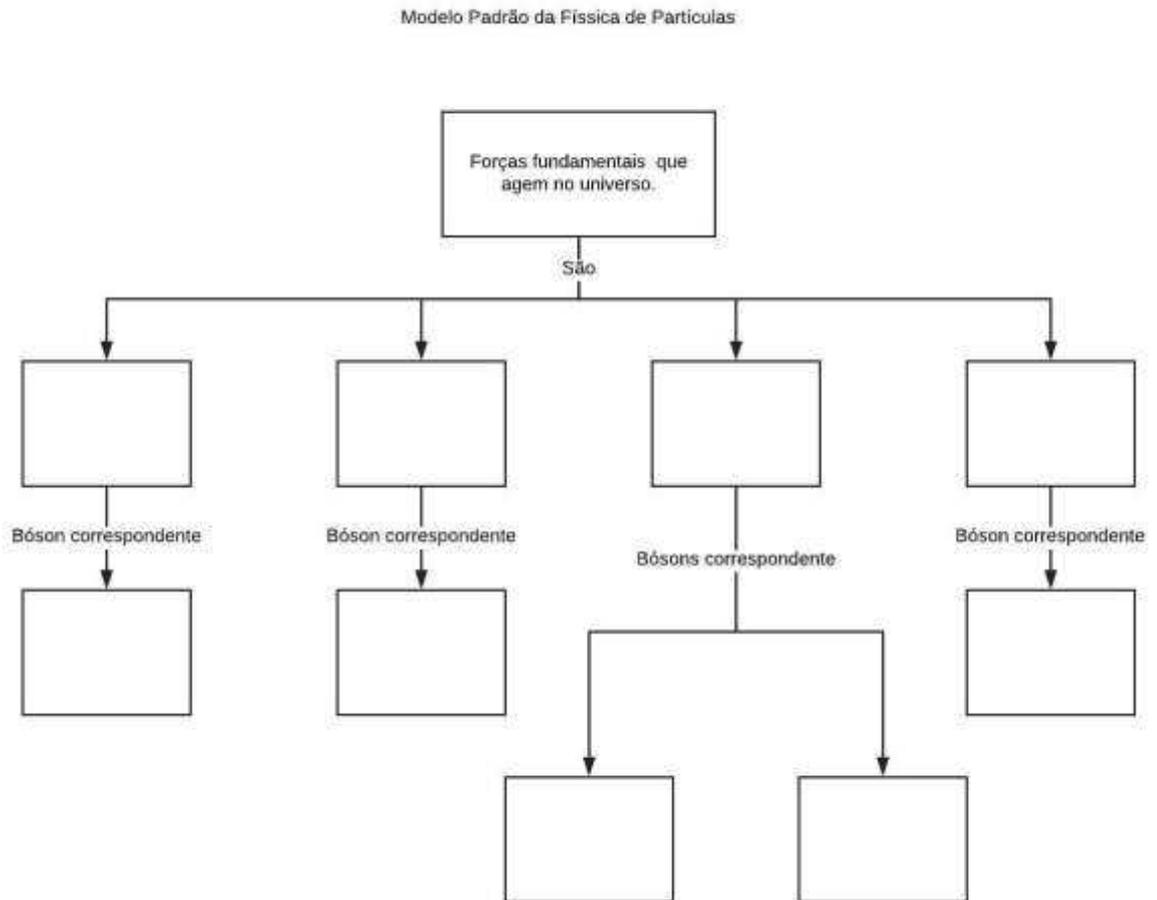
1 - Levando em consideração os modelos atômicos vistos até aqui, quais as diferenças entre os contextos político, social e cultural em que eles foram formulados para os que vivemos atualmente?

2 - Com base nos modelos estudados até aqui, como você descreveria a composição do átomo?

3 - E hoje, como é o modelo atômico do século XXI?

APÊNDICE III - MAPA CONCEITUAL: PARTÍCULAS FUNDAMENTAIS.

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE IV - MAPA CONCEITUAL: FORÇAS FUNDAMENTAIS.

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE V - FICHA DE ANOTAÇÕES DE CAMPO.

Após realizar a visita virtual pelos domínios do Cern (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear), preencha a ficha de anotações de campo com as questões que seguem:

1 - Sobre o Cern (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear), obtenha as seguintes informações:

I - Ano de fundação.

II - Localização.

III - Principais estudos desenvolvidos.

Observação: As informações podem ser apresentadas em formato de texto.

2 - "O Large Hadron Collider (LHC) é o maior e mais poderoso acelerador de partículas do mundo. Consiste em um anel de 27 quilômetros de ímãs supercondutores com várias estruturas de aceleração para aumentar a energia das partículas ao longo do caminho".

I - Qual a finalidade do LHC?

II - Descreva o funcionamento do LHC com base em seus conhecimentos.

Observação: As informações podem ser apresentadas em formato de texto.

3 - O CERN possui aceleradores que aumentam as partículas para altas energias antes de serem colididas dentro dos detectores. "Assim como os caçadores conseguem identificar animais de trilhas na lama ou na neve, os físicos identificam partículas subatômicas dos traços que eles deixam nos detectores". Quais pistas são coletadas nos detectores que ajudam os físicos a descobrirem a identidade das partículas?

4 - Os feixes de partículas que percorrem o interior do LHC são feitos para colidir em quatro locais ao redor do anel do acelerador, correspondendo às posições de quatro detectores de partículas - ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS), CMS (Compact Muon Solenóide), ALICE (A Large Ion Collider Experiment) e LHCb (Large Hadron Collider beauty). Quais são os experimentos realizados nos detectores de partículas?

5 - Agora, com base no estudo feito até aqui, diga como você compreende a constituição da matéria a partir do modelo padrão da Física de Partículas.

Observação: As informações podem ser apresentadas em formato de texto.

APÊNDICE VI - INFORMAÇÕES E QUESTÕES UTILIZADAS PARA ESTRUTURAR O FORMULÁRIO PARA A AVALIAÇÃO DO PRIMEIRO MÓDULO.

Este formulário faz parte da avaliação do produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). A metodologia utilizada para a revisão do produto educacional é denominada de sistema simples cego (*single blind peer review*), que é aquele em que autores são conhecidos dos revisores, mas revisores permanecem anônimos para os autores. Tal metodologia é observada dentro do processo de revisão por pares (*peer review*).

Módulo I

Objetivo(s): Apresentar a evolução dos modelos atômicos adotados ao longo da história (Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr, Sommerfeld e Schrödinger).

Recursos utilizados: Formulários *Google*; Vídeo; Simulações e texto da *web*.

Atividades: Formulário *on-line*; Construção de mapas mentais que deverão ser postados em formato de fotografia e atividade denominada de “Alquimista de partículas”.

Dados gerais do avaliador.

1 - Qual sua graduação?

Licenciatura em Física. Outros. _____

2 - Trabalha atualmente na:

Rede estadual de ensino. Rede particular de ensino. Rede estadual e particular de ensino. Outros. _____

3 - Você está acessando o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) por meio de um:

smartphone. Computador ou *Notebook*. Outros. _____

Avaliação do primeiro módulo

Atribua a nota que reflete sua avaliação sobre os aspectos relacionados ao módulo. Utilize a escala abaixo:

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente.

1 - Organização dos materiais disponibilizados no módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

2 - Adequação dos materiais utilizados para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

3 - Relevância dos conteúdos propostos para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

4 - Relevância da estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

5 - Potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

6 - Quanto ao tempo estipulado para execução do módulo.

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

APÊNDICE VII - INFORMAÇÕES E QUESTÕES UTILIZADAS PARA ESTRUTURAR O FORMULÁRIO PARA A AVALIAÇÃO DO SEGUNDO MÓDULO.

Este formulário faz parte da avaliação do produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). A metodologia utilizada para a revisão do produto educacional é denominada de sistema simples cego (*single blind peer review*), que é aquele em que autores são conhecidos dos revisores, mas revisores permanecem anônimos para os autores. Tal metodologia é observada dentro do processo de revisão por pares (*peer review*).

Módulo II

Objetivo(s): Apresentar o Modelo Padrão da Física de Partículas e discutir sobre as partículas constituintes da matéria e as forças fundamentais da natureza.

Recursos utilizados: Vídeos; Textos disponíveis na página do Cern e pôster ilustrado que contém informações sobre o Modelo Padrão.

Atividades: Formulário *on-line*; mapas conceituais contendo somente os conceitos estruturantes, abordados no módulo, para serem completados pelos alunos.

Avaliação do segundo módulo

Atribua a nota que reflete sua avaliação sobre os aspectos relacionados ao módulo. Utilize a escala abaixo:

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente.

1 - Organização dos materiais disponibilizados no módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

2 - Adequação dos materiais utilizados para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

3 - Relevância dos conteúdos propostos para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

4 - Relevância da estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

5 - Potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

6 - Quanto ao tempo estipulado para execução do módulo.

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

APÊNDICE VIII - INFORMAÇÕES E QUESTÕES UTILIZADAS PARA ESTRUTURAR O FORMULÁRIO PARA A AVALIAÇÃO DO SEGUNDO MÓDULO.

Este formulário faz parte da avaliação do produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). A metodologia utilizada para a revisão do produto educacional é denominada de sistema simples cego (*single blind peer review*), que é aquele em que autores são conhecidos dos revisores, mas revisores permanecem anônimos para os autores. Tal metodologia é observada dentro do processo de revisão por pares (*peer review*).

Módulo III

Objetivo(s): Apresentar os trabalhos desenvolvidos nos aceleradores de partículas, sobretudo no LHC, e suas contribuições para a sociedade.

Recursos utilizados: Texto; Vídeo; Visita virtual pelos *sites* do Cern através dos links e hipertextos.

Atividades: Questão referente ao primeiro texto do terceiro módulo; “Ficha de anotações de campo” e formulário *on-line*.

Avaliação do terceiro módulo

Atribua a nota que reflete sua avaliação sobre os aspectos relacionados ao módulo. Utilize a escala abaixo:

1- Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente.

1 - Organização dos materiais disponibilizados no módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

2 - Adequação dos materiais utilizados para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

3 - Relevância dos conteúdos propostos para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

4 - Relevância da estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

5 - Potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos do módulo:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

6 - Quanto ao tempo estipulado para execução do módulo.

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

APÊNDICE IX - INFORMAÇÕES E QUESTÕES UTILIZADAS PARA ESTRUTURAR O FORMULÁRIO PARA A AVALIAÇÃO GERAL DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.

O curso sobre Física de Partículas tem como premissa os seguintes objetivos:

Geral

- Desenvolver, aplicar e avaliar uma sequência didática para o ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas utilizando o ambiente virtual *Google Sala de Aula*.

Específicos

- Investigar as potencialidades da utilização de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e de recursos multimidiáticos como ferramentas de ensino e aprendizagem de conteúdos de Física;

- Analisar a eficácia da utilização do modelo de ensino híbrido para abordar conteúdos específicos da Física;

- Estabelecer um processo de modelização do tema: “Modelo Padrão da Física de Partículas” para uma abordagem no Ensino Médio;

- Avaliar o uso integrado das tecnologias digitais, sobretudo o *smartphone*, como ferramenta a ser utilizada na educação básica para o ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas.

Avaliação geral do curso

Atribua a nota que reflete sua avaliação sobre os aspectos relacionados ao curso como um todo. Utilize a escala abaixo:

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente.

1 - O curso, da maneira com que foi formulado, tem potencial para atingir seus objetivos?

Sim. Parcialmente. Não.

Faça um breve comentário sobre a resposta atribuída na questão anterior.

2 - Como você avalia a escolha dos materiais didáticos utilizados para a abordagem do tema referente a evolução dos modelos atômicos e do Modelo Padrão da Física de Partículas?

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

3 - Organização dos materiais disponibilizados no curso:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

4 - Adequação dos materiais e recursos utilizados para alcançar os objetivos do curso:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

5 - Relevância quanto a estrutura de ensino adotada para alcançar os objetivos geral e específicos do curso:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

6 - Potencialidade das atividades utilizadas para alcançar os objetivos geral e específicos do curso:

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

7 - Quanto ao tempo estipulado para a conclusão do curso.

1 2 3 4 5

Faça um breve comentário sobre o conceito atribuído na questão anterior.

Espaço destinado para críticas e/ou sugestões referentes ao produto educacional.

APÊNDICE X – PRODUTO EDUCACIONAL.

A seguir apresentamos na íntegra o produto educacional desenvolvido para fins deste trabalho.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Rodolfo de Moura Marques

PRODUTO EDUCACIONAL

**FÍSICA CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: O USO DE UM AMBIENTE
VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA
DE PARTÍCULAS**

Juiz de Fora

2021

Rodolfo de Moura Marques

FÍSICA CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: O USO DE UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

Produto educacional resultante de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, polo UFJF/IF-Sudeste-MG, 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. Paulo Henrique Dias Menezes

Juiz de Fora
2021

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 O MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULA	4
3 O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (AVA)	8
3.1 ENSINO HÍBRIDO: PROPOSTA EDUCACIONAL BASE PARA A ELABORAÇÃO DO PRODUTO	8
3.2 COMO ELABORAR UM AVA	11
3.3 O GOOGLE SALA DE AULA (GOOGLE CLASSROOM)	13
3.3.1 Como usar o Google Sala de Aula (Google Classroom)	14
3.3.1.1 Como criar uma conta no Google	14
3.3.1.2 Como acessar o Google Sala de Aula (Google Classroom)	15
3.3.1.3 Como utilizar os principais recursos do Google Sala de Aula (Google Classroom)	16
4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS NO AMBIENTE VIRTUAL GOOGLE SALA DE AULA (GOOGLE CLASSROOM)	19
4.1. MÓDULO I – A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS	21
4.2. MÓDULO II – O MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS	23
4.3. MÓDULO III – ACELERADORES DE PARTÍCULAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA	25
5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	28
REFERÊNCIAS	29
APÊNDICE 1 – FORMULÁRIO 1	31
APÊNDICE 2 – ELABORAÇÃO DE MAPAS MENTAIS REFERENTES AOS MODELOS DE SOMMERFELD E SCHRÖDINGER	32
APÊNDICE 3 – ALQUIMISTA DE PARTÍCULAS	33
APÊNDICE 4 – FORMULÁRIO 2	34
APÊNDICE 5 – MAPAS CONCEITUAIS	35
APÊNDICE 6 – DISCUSSÃO SOBRE O TEXTO DO INCRÍVEL HULK	37
APÊNDICE 7 – REPORTAGEM: CERN, BERÇO DA INTERNET, CELEBRA 30 ANOS DA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES	38
APÊNDICE 8 – FICHA DE ANOTAÇÃO DE CAMPO	39

1 INTRODUÇÃO

Prezado Professor,

Os progressos tecnológicos experimentados pela sociedade contemporânea têm ocorrido em uma velocidade espantosa. Além dos diferentes dispositivos que auxiliam as atividades cotidianas, o acesso à informação e a comunicação ocorrem em tempo real, chegando a qualquer parte do planeta por meio de *tablets* e *smartphones* que tenham acesso a *internet*. Essa nova configuração de acesso e disseminação das informações tem atuado diretamente em mudanças nos segmentos políticos, culturais, científicos e econômicos.

Entretanto, observa-se que na escola, enquanto espaço formal de educação, poucas mudanças ocorreram, sobretudo no que se refere às metodologias de ensino e aos conteúdos de Ciências presentes no currículo escolar. No que diz respeito ao ensino de Física na escola básica, os conteúdos abordados continuam pautados em teorias desenvolvidas até o século XIX, não abrangendo os conhecimentos científicos produzidos nas últimas décadas.

A ausência de conteúdos específicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, sobretudo nas escolas públicas, pode ser considerada uma falha grave, tendo em vista que quase metade dos recursos tecnológicos existentes faz uso de conceitos relacionados a esses conteúdos. Além disso, vivemos na era da *internet* e das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), em que as informações são difundidas em tempo real e em qualquer localidade, alterando as relações sociais e o modo como as pessoas se relacionam com o conhecimento.

Neste manual apresentamos uma proposta de sequência didática (SD) elaborada para o ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas e suas implicações na sociedade contemporânea. A SD foi organizada em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), dentro de um processo híbrido de ensino, que utiliza diferentes recursos multimidiáticos e características do modelo de rotação por estações, e pode ser aplicada para alunos de qualquer modalidade do Ensino Médio. Esperamos que este material possa contribuir para sua prática educativa e servir de inspiração para a abordagem de outros componentes de Física Contemporânea na Educação Básica.

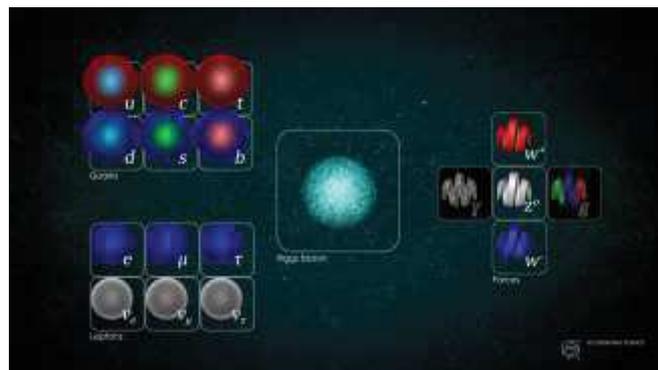
2 O MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULA

Os diferentes modelos atômicos adotados ao longo da história corroboraram para a descoberta e o entendimento das partículas constituintes da matéria. Segundo Oliveira et. al. (2010, p. 492), citado por Sousa (2016, Apêndice A, p. 20),

[...] o modelo padrão funciona como uma espécie de tabela periódica de partículas, com a vantagem de ser mais sintética e constituir uma referência teórica, pois serve de guia para os experimentos. As previsões obtidas a partir dele foram confirmadas por experimentos com precisão incrível, e todas as partículas previstas por essa teoria já foram encontradas.

Ainda sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas, o CERN menciona que se trata de um modelo que se baseia no fato de que tudo no universo é constituído a partir de alguns blocos de construção básicos, chamados de partículas fundamentais e que são governados por quatro forças. Toda a matéria é constituída por partículas elementares, denominadas de blocos de construção da matéria, que ocorrem, basicamente, em dois grupos: quarks e léptons. Cada grupo consiste em seis partículas que são relacionadas em pares. Os pares, ou gerações, separam as partículas conforme o peso e a estabilidade que apresentam. A primeira geração é constituída por partículas mais leves e estáveis, enquanto as partículas mais pesadas e menos estáveis pertencem à segunda e terceira gerações. Conforme o Modelo Padrão, ilustrado na Figura 1, a matéria estável contida no universo é formada por partículas pertencentes à primeira geração, sendo que as partículas mais pesadas decaem rapidamente para outras mais estáveis.

Figura 1- Modelo Padrão da Física de Partículas.



Fonte: Daniel Dominguez / CERN¹.

¹ Legenda: Quarks: up (u), down (d), charm (c), strange (s), top (t) e bottom (b). Léptons: elétron (e), múon (μ), tau (τ), elétron neutrino (ν_e), múon neutrino (ν_μ) e tau neutrino (ν_τ). Forças: eletromagnética (γ), fraca (W^+ , W^- e Z^0) e forte (g).

No que se refere às partículas fundamentais, os quarks - no total de seis - são pareados em três gerações, conforme apresentado Quadro 1:

Quadro 1- Gerações e partículas constituintes dos quarks.

Geração	Partículas
<i>Primeira</i>	quark up e quark down.
<i>Segunda</i>	quark charm e quark strange.
<i>Terceira</i>	quark top e bottom quark.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os quarks também se apresentam em três "cores" diferentes e se misturam apenas de maneira a formar objetos incolores. Segundo Beal (2018, p. 46), a palavra “cor”, neste caso, trata de um “novo tipo de carga da natureza que possui a propriedade de ser neutra mediante a combinação de três cores distintas (i.e. verde+vermelho+azul= branco)”.

Os léptons, também em um total de seis, estão dispostos de maneira semelhante aos quarks, conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2- Gerações e partículas constituintes dos léptons.

Geração	Partículas
<i>Primeira</i>	elétron e elétron neutrino.
<i>Segunda</i>	múon e múon neutrino.
<i>Terceira</i>	tau e tau neutrino.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O elétron, o múon e o tau têm massa considerável e carga elétrica, enquanto os neutrinos possuem pouca massa e são eletricamente neutros.

Segundo o CERN, das “quatro forças fundamentais” que agem no universo, três delas resultam da troca de partículas portadoras de força, pertencentes a um grupo denominado de

bósons. As quatro forças fundamentais são: força forte, força fraca, força eletromagnética e força gravitacional. Essas forças trabalham em faixas diferentes e têm magnitudes diferentes sendo a força gravitacional a mais fraca, mas de alcance infinito. Assim como a força gravitacional, a força eletromagnética também tem alcance infinito, porém é muito mais forte que a gravitacional. As forças fracas e fortes são observáveis apenas no nível de partículas subatômicas e são eficazes apenas em um intervalo muito curto de tempo. A força fraca é mais forte que a força gravitacional, mas é mais fraca que as outras duas. Dentre as quatro interações fundamentais, a força forte, conforme o próprio nome sugere, é a mais forte de todas.

As partículas constituintes da matéria transferem quantidades discretas de energia por intermédio da troca de bósons entre si e cada força fundamental, segundo o Modelo Padrão, tem seu próprio bóson correspondente, conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Bósons correspondentes às forças fundamentais da natureza.

Forças fundamentais	Bósons correspondentes
<i>Força forte</i>	glúon.
<i>Força eletromagnética</i>	fóton.
<i>Força fraca</i>	bósons W e Z.
<i>Força gravitacional</i>	graviton*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

* Partícula ainda não encontrada.

O Modelo Padrão engloba as forças fortes, fracas e eletromagnéticas, além de todas as suas partículas transportadoras, explicando como essas forças agem em todas as partículas da matéria. Entretanto, esse modelo não engloba a força gravitacional devido ao fato de que em escala atômica o efeito da gravidade é muito fraco, ao ponto de tornar-se insignificante. Além disso, não é possível blindar a força gravitacional, assim como fazemos, por exemplo, com a eletromagnética. Isso indica que a "força gravitacional" é parte da própria estrutura geométrica do espaço. Levar a gravitação em consideração significa, em um certo sentido, construir uma teoria de gravitação quântica. Isso ainda é um dos grandes problemas atuais.

Ainda sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas, Oliveira et. al. (2010, p. 492, apud SOUZA, 2016, Apêndice A, p. 20) apresentam outras perguntas que devem ser respondidas, que são:

Por que há mais matéria do que antimatéria no Universo? O que é a matéria escura, que parece permear todo o Universo, interagir gravitacionalmente e não ser detectada? Os quarks e os léptons são realmente elementares ou são constituídos de partículas mais fundamentais?

Da mesma forma que os demais modelos atômicos adotados ao longo da história, o Modelo Padrão da Física de Partículas não fornece explicações para alguns fatos, conforme mencionado no parágrafo anterior, gerando novas situações-problema. Procurando solucionar as questões não explicadas no Modelo Padrão, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos e, como consequência, novas tecnologias têm sido criadas.

É importante destacar que o estudo relacionado à constituição da matéria permitiu que diversos avanços sociais e tecnológicos fossem experimentados pela sociedade. Na construção dos aparatos tecnológicos que permitem que os cientistas possam realizar suas observações e experimentações, tais tecnologias são aplicadas, de forma direta ou indireta, em nosso cotidiano (GOMES, 2017).

Com a finalidade de apresentar as contribuições sociais e tecnológicas oriundas do estudo de conceitos relacionados ao Modelo Padrão da Física de Partículas, Gomes (2017) apresenta, de forma clara e objetiva, alguns exemplos, que seguem: a criação de diversos aparelhos digitais e eletrônicos, tais como a televisão de LCD, os *smatphones*, o GPS, aparelhos de Raios X e de Ressonância Magnética, computadores, entre outros. Além disso, temos a criação da “*world wide web*” (www), o desenvolvimento da nanotecnologia e da protonterapia - terapia adotada para o tratamento de câncer que utiliza feixes de prótons - a irradiação com o isótopo de cobalto para a conservação de alimentos, dentre outros.

3 O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (AVA)

O ambiente virtual escolhido para o desenvolvimento da sequência didática foi o *Google Sala de Aula* (GSA). Trata-se de uma plataforma gratuita, de fácil manuseio e que pode ser acessada por computadores e *smartphones*. A possibilidade e a facilidade de acesso do GSA por meio do *smartphone* favorece o uso desse AVA pelos alunos e foi um dos fatores que nos levou a adotá-lo neste trabalho para o ensino do Modelo Padrão de Partículas.

O AVA foi elaborado na perspectiva híbrida de ensino e adota características do modelo de rotação por estações. Esse modelo permite que o estudante possa aprender um conteúdo de forma *on-line* com algum elemento de controle de sua parte, que pode ser, por exemplo, o tempo, o caminho, o lugar e/ou o ritmo de estudo. Outra parte do ensino é feita em local físico supervisionado - que no caso será a sala de aula - por meio da integração da aprendizagem, tendo o professor como mediador.

Basicamente um AVA é constituído por dois elementos principais: os constitutivos e os conceituais. Os elementos constitutivos referem-se aos meios de interação, recursos, fatores ambientais e fatores psicológicos. Já os elementos conceituais referem-se aos aspectos que definem a concepção educacional do ambiente virtual (BATISTA, 2006).

Para a construção de um AVA favorável ao aprendizado alguns aspectos gerais devem ser considerados, entre os quais destacamos: a) processo de interação ou comunicação entre sujeitos; b) grupo de ferramentas e meios de interação; c) as ações reguladas relativas a certos conteúdos; e d) o entorno ou espaço na internet onde estas atividades são realizadas (BATISTA, 2006, p.3).

É importante destacar que um ambiente virtual de aprendizagem não se configura apenas como um local em que o professor posta materiais e exercícios. Assim como na sala de aula tradicional, o AVA envolve aspectos emocionais e psicológicos e sempre deve ser estruturado de maneira que proporcione uma participação ativa dos sujeitos envolvidos.

3.1 ENSINO HÍBRIDO: PROPOSTA EDUCACIONAL BASE PARA A ELABORAÇÃO DO PRODUTO

Schiehl e Gasparini (2016) apresentam um estudo contemporâneo acerca das propostas educacionais atuais que utilizam ferramentas tecnológicas, que, quando bem utilizadas, podem

se tornar um recurso metodológico eficaz no ensino e no aprendizado dos nativos digitais. Passarelli et al. (2014, p. 162) definem como nativos digitais:

[...] as pessoas que se apropriam de novas mídias de maneira natural, fluida e apresentam os seguintes aspectos: a recepção de informações de maneira ágil e rápida; a preferência por processos randômicos de acesso aos conteúdos; a tendência ao imagético em detrimento do textual; a realização de atividades multitarefas e processos paralelos, entre outros.

Tais propostas que mesclam a obtenção do conhecimento pelos alunos por intermédio do ensino tradicional junto com ferramentas tecnológicas é denominado de ensino híbrido (HORN e STAKER, 2015).

Ainda, sobre o ensino híbrido, Moran (2015) o retrata como sendo uma combinação de diferentes elementos - os métodos, as atividades e as pessoas que estão em diversos momentos interligados e/ou relacionados - dando destaque à interação do ser humano com as tecnologias. Essa mistura não necessariamente precisa acontecer entre quatro paredes, ela pode ser adaptada a qualquer ambiente devido ao fato da tecnologia se encontrar presente em quase todos os lugares. O termo ensino híbrido pode ser encontrado com diferentes definições na literatura, porém todas elas apresentam a convergência de dois modelos de aprendizagem: “o modelo presencial, em que o processo ocorre em sala de aula, como vem sendo realizado há tempos, e o modelo *on-line*, que utiliza as tecnologias digitais para promover o ensino” (BACICH, 2016, p. 679).

O modelo de ensino híbrido foi proposto pelos pesquisadores do Instituto *Clayton Christensen*² e testado em escolas norte-americanas, apresentando quatro modelos estruturantes: Rotação, *Flex*, *A La carte* e Virtual enriquecido.

Horn e Staker (2015) destacam que, em muitos casos, as escolas combinam os modelos de diferentes formas e criam um programa de ensino híbrido personalizado, uma vez que as diferentes categorias não são exclusivas, permitindo que ocorram misturas e combinações de características distintas dos diferentes modelos, resultando em uma abordagem mista. Os

² O Instituto *Clayton Christensen* trata-se um tipo de organização apartidário sem fins lucrativos, voltado à produção de um tipo de inovação denominada de disruptiva. O Instituto desenvolve ferramentas exclusivas para a compreensão de muitos dos problemas mais prementes da sociedade que são embasadas nas teorias do professor de Harvard Clayton M. Christensen.

mesmos autores apresentam algumas definições que descrevem os elementos básicos de cada modelo que, sucintamente, são:

- Modelo de rotação: apresenta como proposta a realização de alguma disciplina ou matéria em que o aluno alterne a modalidade de aprendizagem - qualquer que ela seja - e que pelo menos uma seja *on-line*. O princípio básico desse modelo é ter o professor - ou o relógio - como mediadores do tempo de realização das atividades. Ainda, nesse modelo, temos as seguintes propostas de rotação:
 - Rotação por estação: “os estudantes são organizados em grupos e cada um desses grupos realiza uma tarefa de acordo com os objetivos do professor para a aula em questão” (HORN e STAKER, 2015, apud BACICH, 2016, p. 682). A mesma autora ainda menciona que o planejamento desse tipo de proposta não deve ser sequencial, com atividades realizadas pelos grupos de maneira independente, mas que se complementam e possam funcionar de forma integrada para que todos tenham tido a oportunidade de ter acesso aos mesmos conteúdos no final da aula.
 - Laboratório rotacional: se assemelha ao modelo de rotação por estações, porém o trabalho tem início na sala de aula, alternado com uma rotação para um laboratório de informática para o desenvolvimento da parte *on-line* do trabalho.
 - Sala de aula invertida: nessa modalidade os conteúdos são ministrados *on-line*, fora do ambiente formal de educação e de maneira independente, sendo a sala de aula utilizada somente para o professor auxiliar os alunos, caso haja necessidade, e realizar atividades referentes ao que foi estudado.
 - Rotação individual: nesse modelo os alunos alternam em um esquema individual e personalizado entre as modalidades de aprendizagem que é estabelecido por meio de um cronograma elaborado por um professor ou um *software*. O modelo de rotação individual difere dos outros por conta de apresentar cronogramas diários que são personalizados de acordo com as necessidades individuais de cada aluno.
- Modelo *Flex*: nessa modalidade a aprendizagem ocorre por meio de um cronograma individualmente personalizado e fluido, podendo alternar entre o formato presencial - com discussões em pequenos grupos ou com professor particular - e *on-line*. Porém, nessa modalidade o ensino *on-line* funciona como o segmento estruturante

para promover a aprendizagem do aluno, que se move no curso mediante suas necessidades. Professores estão disponíveis em um local físico para auxiliar em alguma questão referente ao curso ministrado e, dependendo do programa, iniciar discussões e projetos para enriquecer a aprendizagem dos alunos.

- *A La carte*: tal modelo inclui qualquer disciplina ou curso em que o aluno faça inteiramente *on-line* enquanto frequenta a escola física tradicional. Os cursos *on-line* podem ser realizados durante o tempo da aula presencial, além das disciplinas curriculares tradicionais, ou após a escola. Nessa modalidade o professor tutor é o professor *on-line* e pode ou não ter uma componente presencial.
- Virtual enriquecido: nesse modelo se enquadram os cursos que oferecem parte do trabalho de forma presencial e outra parte do trabalho de forma *on-line*. Nessa modalidade raramente há o encontro do professor com os alunos, podendo ocorrer apenas algumas vezes ao longo do curso, com atividades presenciais obrigatórias.

Vale ressaltar que existe uma diferença entre a modalidade de ensino híbrido, já discutido anteriormente, e o ensino enriquecido por tecnologia, uma vez que a segunda modalidade faz uso das características do ensino tradicional, mas apresenta melhorias por intermédio da utilização de ferramentas digitais, entretanto não substitui o ensino presencial em termos de transmissão de conteúdos (HORN e STAKER, 2015).

3.2 COMO ELABORAR UM AVA

Um bom AVA deve favorecer a interatividade entre os sujeitos participantes, no sentido de uma aprendizagem colaborativa e cooperativa. Para isso é importante que o professor utilize recursos variados para a abordagem dos conteúdos. Rodrigues e Peres (2013) destacam que o planejamento didático do AVA deve ser realizado levando em consideração vários fatores, tais como: o conteúdo que se deseja ensinar, a experiência do usuário com a tecnologia e recursos de acesso à *internet*.

Outro aspecto a ser considerado pelo professor ao planejar sua aula em um AVA são as formas de comunicação, que podem ser síncronas ou assíncronas. Essa diversidade pode e deve ser explorada de maneira a corroborar no processo de interação entre os sujeitos envolvidos. O grau das interações poderá variar em função das mídias utilizadas, daí a importância de se

apresentar conteúdos e atividades de maneira diversificada para atender alunos com diferentes perfis de aprendizagem.

A elaboração de uma sequência didática em um ambiente virtual de aprendizagem é uma ação que vai muito além da disponibilização de materiais digitalizados. Segundo Galvis e Mendoza (1999), a educação baseada na *web* é um processo educacional como outro qualquer, sendo necessário estabelecer uma proposta metodológica que oriente tanto no desenvolvimento quanto na implementação dos AVAs de maneira satisfatória.

Uma proposta com grande potencial em auxiliar o professor na elaboração das estratégias de ensino a serem utilizadas nos ambientes virtuais de aprendizagem é o Design Instrucional Contextualizado (DIC). Filatro (2008) menciona que os modelos convencionais de *design* instrucional geralmente estruturam o planejamento dos processos de ensino e aprendizagem em estágios distintos, que envolvem:

- **Análise:** envolve os processos de identificação das necessidades de aprendizagem, o levantamento das restrições de acesso a *internet* envolvidas e a definição de objetivos instrucionais;
- **Design e desenvolvimento:** estágio destinado ao planejamento e a elaboração dos materiais e produtos instrucionais conforme os resultados obtidos na análise;
- **Implementação:** estágio que engloba a capacitação e ambientação de professores e alunos à proposta de design instrucional e a realização dos processos de ensino e aprendizagem propriamente dito; e
- **Avaliação:** etapa que envolve o acompanhamento, a revisão e a manutenção do sistema proposto.

O DIC possui como principal característica a possibilidade de reestruturar todo o processo de construção do *design* conforme as necessidades do professor para a elaboração e desenvolvimento de um AVA.

A educação *on-line* oferece ao professor inúmeros recursos e ferramentas tecnológicas que devem ser utilizadas para composição dos ambientes virtuais de aprendizagem, tais como: textos, imagens, hipertexto, simulações, animações, vídeo, áudio entre outros.

Por fim, para elaborar um ambiente virtual de aprendizagem que atenda às necessidades dos sujeitos envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem, é importante que o professor defina, de forma clara, os objetivos a serem alcançados e o perfil social e cultural do

público-alvo. Dessa forma é possível a estruturação de um AVA eficiente, organizado e adequado.

3.3 O GOOGLE SALA DE AULA (GOOGLE CLASSROOM)

O ambiente do *Google Apps* oferece um conjunto diferenciado de aplicativos que, quando bem utilizados, podem contribuir para o aprendizado de alunos e professores (WITT, 2015). Os aplicativos do *Google* são compatíveis com a maioria dos navegadores da *web* e são projetados para oferecerem suporte à comunicação e à colaboração. O *Google Workspace for Education*³ (GWFE) é um conjunto de *apps* gratuitos que contêm ferramentas baseadas em nuvem e podem ser usadas facilmente⁴ nas salas de aula. Tais aplicativos permitem a realização de trabalhos *on-line* ou *off-line*, a qualquer momento na maioria dos dispositivos mais comuns. Além disso, os professores podem dar *feedback* instantâneo e acompanhar o progresso individual de cada aluno.

Um das ferramentas disponibilizadas pelo GWFE com grande potencial de ser utilizada como recurso didático para o ensino de diversos conteúdos é o *Google Sala de Aula* (GSA). O GSA apresenta uma configuração simples e facilita o gerenciamento de atividades pelo professor, possibilitando a criação de turmas, a distribuição de materiais em diferentes formatos, a atribuição de tarefas, dar notas e enviar *feedbacks*. Com essa ferramenta professores e alunos podem fazer *login* de qualquer computador ou dispositivo móvel para acessar as tarefas da turma, os materiais do curso e os *feedbacks*.

O GSA pode ser acessado pelo computador ou por um aplicativo disponível para *smartphones*, compatível com Android ou IOS, e pode ser restrito aos estudantes, pais e funcionários cadastrados pelo professor ou pela escola. Uma particularidade que deve ser observada para o uso dessa tecnologia é a obrigatoriedade de os usuários terem uma conta no *Google*, que pode ser institucional ou particular, feita de forma simples e gratuita.

³ *Google Suite for Education* agora é o *Google Workspace for Education Fundamentals*, um pacote de ferramentas gratuitas fáceis de usar que oferece uma base flexível e segura para aprendizagem, comunicação e colaboração.

⁴ Os recursos que auxiliam a utilização, como treinamentos e tutoriais, são disponibilizados, gratuitamente, na Central de Professores do GSFE, disponível em: https://edu.google.com/intl/pt-BR/teacher-center/training/?modal_active=none.

3.3.1 Como usar o *Google Sala de Aula (Google Classroom)*

Para que o professor possa utilizar o *Google Sala de Aula (GSA)* e todos os seus recursos e funcionalidades é necessário criar uma conta na *Google*, o que pode ser feito de forma simples e gratuita. Nesta seção será apresentado um tutorial destinado à criação de uma conta na *Google*, acesso e utilização dos principais recursos do ambiente virtual GSA.

3.3.1.1 Como criar uma conta no *Google*

Para utilizar as ferramentas oferecidas pelo *Google Workspace for Education* basta que o usuário tenha uma conta nos domínios da *Google*. Mesmo sendo possível utilizar todos os recursos e funcionalidades oferecidos pela GWFE por meio de uma conta pessoal, é possível que as escolas e universidades públicas se credenciem, de maneira gratuita, e criem uma conta institucional⁵. É importante mencionar que, quando comparado com uma conta pessoal, a credencial institucional oferece um maior controle por parte da instituição, além de segurança e privacidade. Entretanto, para este trabalho, foi utilizada uma credencial pessoal.

A criação de uma conta no *Google* é algo fácil e rápido, que pode ser feito da seguinte maneira:

✓ **Etapa 1:** acesse a página de login da Conta do Google disponível em:

<https://accounts.google.com/signin>

✓ **Etapa 2:** clique em Criar Conta. Depois siga as orientações da página.

Preencha seu nome, um nome de usuário, senha e a confirmação da mesma.

✓ **Etapa 3:** Ao clicar em Próxima, você será direcionado para uma nova janela onde deverá de fornecer algumas informações pessoais, tais como: número do telefone (opcional), endereço de *e-mail* de recuperação (opcional), data de nascimento e gênero.

✓ **Etapa 4:** Clicar novamente em Próxima, você será redirecionado para uma página que contém os Termos de Serviço do *Google*. Após realizar a leitura, basta selecionar as duas opções disponíveis no final do texto e clicar em Criar conta.

⁵ Para maiores informações ou para inscrever a sua instituição basta acessar o site: <https://support.google.com/a/answer/134628?hl=pt-BR>

Ao concluir essas etapas, você já poderá usufruir de todos os serviços oferecidos pela *Google*, inclusive do ambiente virtual *Google Sala de Aula (Google Classroom)*.

3.3.1.2 Como acessar o *Google Sala de Aula (Google Classroom)*

Para acessar o ambiente virtual do GSA, após criar sua conta *Google*, basta clicar em *Google Apps*, conforme indicado na Figura 2. Feito isso, será disponibilizado diversas ferramentas *Google*, entre as quais o *Google Sala de Aula*.

Figura 2 - Acesso ao aplicativo *Google Sala de Aula*.



Fonte: arquivo pessoal.

Após selecionar o GSA você será redirecionado para uma página em que é necessário que o usuário confirme o seu aceite referente ao compartilhamento das informações de seu contato (*e-mail*) entre os participantes da turma. Em seguida, clique em Criar ou participar de uma turma e selecione a opção “Criar turma”, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Como criar uma turma no *Google Sala de Aula*.



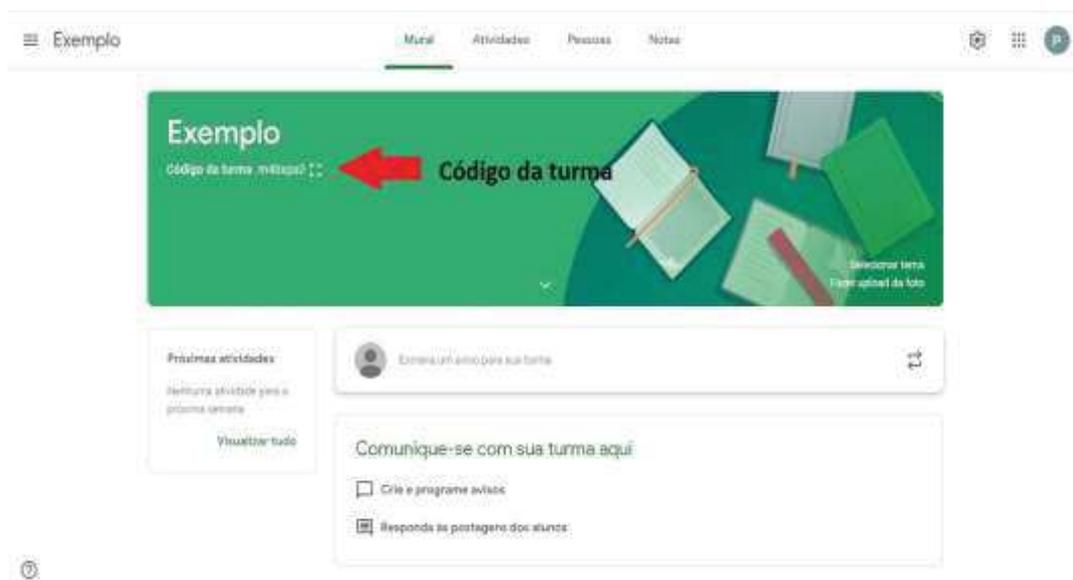
Fonte: arquivo pessoal.

Ao escolher a opção “Criar turma” aparecerá uma janela que contém os termos de uso para quem deseja utilizar as ferramentas do *Google Workspace for Education*. Depois de ler o aviso, e caso concorde, basta clicar em Continuar para ser direcionado para uma janela que deve ser preenchida com algumas informações sobre a sala de aula virtual, tais como: nome da turma (obrigatório), seção, assunto e sala. Depois de preencher os dados solicitados na janela “Criar turma” você terá acesso a interface do AVA para cadastrar seus alunos e organizar o material do conteúdo ou disciplina que deseja trabalhar.

3.3.1.3 Como utilizar os principais recursos do *Google Sala de Aula (Google Classroom)*

No Mural, que compõe a interface do AVA, é possível que todos os participantes da turma façam comentários e interajam entre si. Nele também é disponibilizado o “Código da turma” que pode ser compartilhado com os estudantes para acessar a sala de aula virtual, conforme indicado na Figura 4. O campo “Escreva um aviso para sua turma” é destinado para que o professor possa compartilhar informações e/ou orientações com a sua turma, assim como dúvidas e/ou comentários por parte dos alunos.

Figura 4: *Interface do GSA e localização do código de acesso do AVA.*



Fonte: arquivo pessoal.

Além de informar o código de acesso para a turma, outra maneira para realizar o cadastro dos alunos participantes é por meio da aba Pessoas, na parte superior do AVA. Nessa ferramenta é possível cadastrar alunos por meio do endereço de *e-mail*, conforme Figura 5.

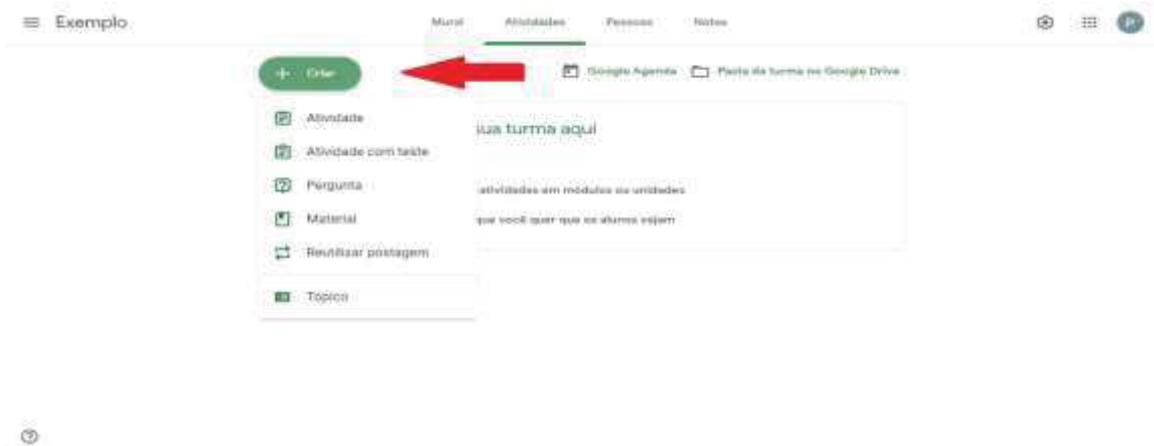
Figura 5: Aba para realização do cadastro do aluno no ambiente virtual.



Fonte: arquivo pessoal.

A aba Atividades serve para inserir o conteúdo ou a atividade que será trabalhada com a turma. Para isso basta acessar a ferramenta “Criar” e selecionar o tipo de atribuição que melhor atenda a sua necessidade, conforme Figura 6.

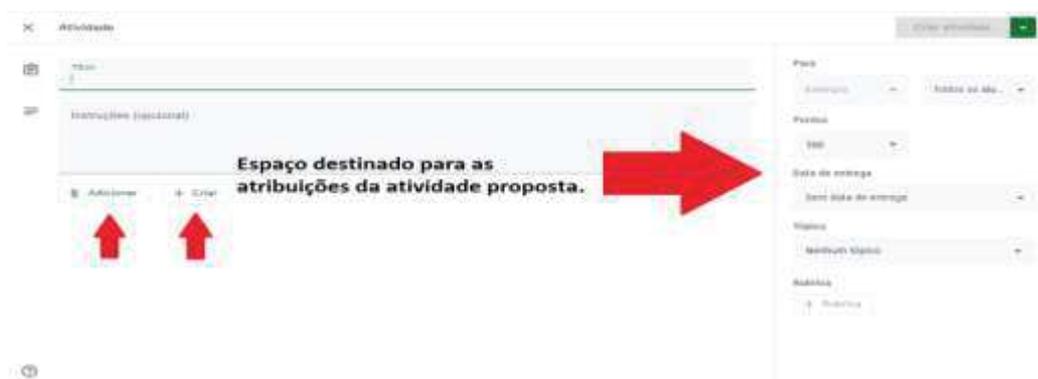
Figura 6: Como criar ou inserir uma atividade no AVA.



Fonte: arquivo pessoal.

As ferramentas “Adicionar” e “Criar” são disponibilizadas quando o professor está criando a atividade e permite que arquivos de documentos, apresentações, planilhas, desenhos ou formulários *Google* sejam adicionados. Também é possível atribuir uma data para entrega, no caso das tarefas ou perguntas, pontuação e inserir instruções, conforme indicado na Figura 7.

Figura 7: Apresentação das ferramentas “Adicionar”, “Criar” e do espaço destinado para as atribuições das atividades.



Fonte: arquivo pessoal.

Com base no que já foi apresentado até aqui você já está apto para criar seu ambiente virtual utilizando a ferramenta *Google Sala de Aula*.

4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS NO AMBIENTE VIRTUAL *GOOGLE* SALA DE AULA (*GOOGLE CLASSROOM*)

A SD apresentada a seguir foi criada na perspectiva de ensino híbrido e adota características do modelo de rotação. Para isso utilizamos o ambiente virtual *Google* Sala de Aula e todos os seus recursos e funcionalidades disponíveis, além de diferentes recursos multimidiáticos.

A abordagem do Modelo Padrão da Física de Partículas foi organizada em três módulos, estruturados de forma a favorecer uma aprendizagem significativa do tema e promover a alfabetização científica e tecnológica dos alunos. O Quadro 4 apresenta um panorama geral dos conteúdos trabalhados em cada módulo, assim como uma proposta do período aproximado de execução dos mesmos.

Quadro 4 - Período aproximado de aplicação e conteúdo trabalhado em cada módulo da sequência didática.

Atribuição	Período aproximado de execução da sequência didática	Conteúdos abordados
Módulo I	2 horas.	Evolução dos modelos atômicos.
Módulo II	1 hora e 40 minutos.	Partículas da matéria, forças fundamentais e Modelo Padrão da Física de Partículas.
Módulo III	1 hora e 30 minutos.	Alguns dos trabalhos desenvolvidos nos aceleradores de partículas e suas contribuições para a sociedade.

Fonte: autoria própria.

Nas subseções seguintes serão descritos os roteiros das atividades trabalhadas na sequência didática, assim como a organização dos módulos e os *links* dos materiais utilizados para a estruturação dos mesmos.

É importante ressaltar que antes de o professor estruturar o seu Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) é necessário a realização de um cuidadoso planejamento. Esta proposta foi planejada e estruturada conforme o modelo de *Design* Instrucional Contextualizado (DIC), seguindo as etapas apresentadas a seguir:

- ✓ **Análise:** Nesse momento o professor realiza um levantamento sobre algumas informações referentes aos alunos, tais como: acesso - ou não - a rede, dispositivo usado para acessar a *internet* (se houver) e coleta dos dados (endereço eletrônico) dos sujeitos envolvidos.
- ✓ Para este trabalho o *smartphone* foi considerado a principal ferramenta de acesso à *internet* pelos alunos.
- ✓ **Design e desenvolvimento:** Os recursos multimidiáticos utilizados para estruturar a sequência didática devem ser acessados por diferentes dispositivos de acesso à *internet*. Entretanto, para o AVA proposto, o *smartphone* é considerado a principal ferramenta de acesso, fazendo com que a seleção das atividades e materiais disponibilizados atendam a necessidade de poderem ser acessados por diferentes sistemas operacionais (IOS e Android).

Os materiais devem ser dispostos no ambiente virtual obedecendo uma ordem preestabelecida. Antes de cada recurso disponibilizado - seja um vídeo, texto, hipertexto ou simulador - deve ser feita uma breve descrição do material utilizado, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Exemplo da descrição de um material multimidiático - vídeo - postado no ambiente virtual.



Fonte: arquivo pessoal.

Os formulários utilizados para compor o AVA devem ser elaborados no *Google* Formulários.

- ✓ **Implementação:** Com os objetivos já definidos e o AVA estruturado o professor inicia a execução da sequência didática juntamente com seus alunos. Para este trabalho, essa etapa terá início durante a primeira intervenção realizada pelo professor que compreende a apresentação do produto educacional para os alunos, cadastro dos mesmos no AVA e resolução de algum problema de acessibilidade, caso ocorra.
- ✓ **Avaliação:** O processo avaliativo deve ocorrer de forma processual, conforme o aluno avance nos conteúdos e realize as atividades propostas. Além do aprendizado, o professor deve avaliar o grau de interação e a aprendizagem que os recursos disponibilizados estão possibilitando para os alunos, havendo possibilidade de adequação se houver necessidade.

Vale lembrar que todo o processo de DIC pode e deve ser reestruturado conforme as necessidades do professor para a elaboração e o desenvolvimento de uma sequência didática em um AVA.

4.1. MÓDULO I – A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

CONTEÚDO(S) ABORDADO(S): Evolução dos modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr, Sommerfeld e Schrödinger).

ESTRUTURA DE ENSINO: Ensino *on-line*, atividades colaborativas e ensino conduzido pelo professor.

DURAÇÃO ESTIMADA PARA REALIZAR AS ATIVIDADES: 2 horas.

RECURSOS UTILIZADOS: Formulários *Google*, vídeo do *YouTube*, texto *on-line* e simuladores.

OBJETIVO: Apresentar e discutir sobre a evolução dos modelos atômicos adotados ao longo da história juntamente com suas contribuições para a evolução da ciência e, conseqüentemente, da sociedade.

ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO E O *LINK* DOS RECURSOS UTILIZADOS:

O Quadro 5 apresenta a organização dos conteúdos e os *links* utilizados para a estruturação do primeiro módulo.

Quadro 5 - Organização do módulo I e os links dos recursos on-line utilizados para sua estruturação.

Atribuição	Conteúdo trabalhado no módulo e <i>link</i> para acesso
Módulo I	Atividade 1: Formulário 1 (Apêndice 1).
	Vídeo: Modelos atômicos. https://www.youtube.com/watch?v=IDrKIqubzdw (QUÍMICA: COMO ENTENDER OS MODELOS ATÔMICOS? QUER QUE DESENHE? DESCOMPLICA)
	Simulações interativas sobre evolução dos modelos atômicos. https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=atom_modely&l=pt
	Atividade 2: Elaboração de Mapas Mentais referentes aos modelos de Sommerfeld e Schrödinger (Apêndice 2). https://www.youtube.com/watch?v=67z80wU0dA4 (Como fazer Mapas Mentais).

	<p>Atividade 3: Alquimista de Partículas (Apêndice 3). https://www.soq.com.br/conteudos/historiadaquimica/p2.php (Texto <i>on-line</i>); https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_pt_BR.html (Simulador).</p>
	<p>Atividade 4: Formulário 2 (Apêndice 4).</p>

Fonte: autoria própria.

DESENVOLVIMENTO:

No primeiro módulo são propostas duas intervenções síncronas por parte do professor, correspondendo a duas aulas de cinquenta minutos, sendo destinada uma aula para cada intervenção. As demais etapas do ensino devem ocorrer de forma assíncrona e as discussões e dúvidas devem ser realizadas e discutidas por meio do ambiente virtual.

A primeira intervenção síncrona tem como finalidade que o professor realize a apresentação da sequência didática e do ambiente virtual, além de executar os ajustes necessários conforme as especificidades de cada turma e/ou aluno, caso seja necessário.

Tomando como base as respostas dos formulários um e dois (Apêndices 1 e 4), juntamente com os mapas mentais construídos pelos alunos, a segunda intervenção deve ser realizada antes de dar início ao segundo módulo por meio de uma discussão coletiva sobre os seguintes assuntos:

- ✓ - Constituição da matéria; e
- ✓ - Evolução dos modelos atômicos ao longo da história.

AVALIAÇÃO: Análise das respostas dos formulários e da participação nas demais questões do módulo e na discussão coletiva.

4.2. MÓDULO II – O MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

CONTEÚDO(S) ABORDADO(S): Partículas da matéria, forças fundamentais e Modelo Padrão da Física de Partículas.

ESTRUTURA DE ENSINO: Ensino *on-line* e ensino conduzido pelo professor.

DURAÇÃO ESTIMADA PARA REALIZAR AS ATIVIDADES: 1 hora e 40 minutos. Vale a pena destacar que o tempo pode ser maior que o estimado, cabendo ao professor avaliar a necessidade de ampliar, ou não, a discussão.

RECURSOS UTILIZADOS: Vídeos do *YouTube*, texto *on-line* e pôster ilustrativo.

OBJETIVO: Apresentar e discutir sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas, destacando suas principais características.

ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO E LINK DOS RECURSOS UTILIZADOS:

O Quadro 6 apresenta a organização dos conteúdos e os *links* utilizados para a estruturação do segundo módulo.

Quadro 6 - Organização do módulo II e os links dos recursos on-line utilizados para sua estruturação.

Atribuição	Conteúdo trabalhado no módulo e <i>link</i> para acesso
	Vídeos sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas. https://www.youtube.com/watch?v=Nqi-bM90vfg (Modelo Padrão da Física de Partículas); e https://www.youtube.com/watch?v=n54VXsVn7xA (Física ao Vivo - O que são partículas elementares? Profa. Marina Nielsen).
Módulo II	Texto <i>on-line</i> e pôster ilustrativo sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas. https://home.cern/science/physics/standard-model (Texto <i>on-line</i>); e https://www.cpepphysics.org/images/particle_chart_PT.jpg (Pôster ilustrativo).
	Atividade 5: Mapas conceituais (Apêndice 5).

Fonte: autoria própria.

DESENVOLVIMENTO:

Para o segundo módulo é prevista uma intervenção por parte do professor e, assim como no primeiro módulo, as demais etapas do ensino devem ocorrer de forma assíncrona e as discussões e dúvidas devem ser realizadas e discutidas por meio do ambiente virtual.

De maneira presencial e/ou síncrona e tomando como base os mapas conceituais construídos (Apêndice 5) pelos alunos referentes às partículas elementares e as forças fundamentais, o professor deve realizar uma discussão coletiva sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas. Essa intervenção é prevista no final do segundo módulo.

AVALIAÇÃO: Verificação do preenchimento dos mapas conceituais e participação durante a discussão coletiva.

4.3. MÓDULO III – ACELERADORES DE PARTÍCULAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

CONTEÚDO(S) ABORDADO(S): Alguns dos trabalhos desenvolvidos nos aceleradores de partículas e suas contribuições para a sociedade.

ESTRUTURA DE ENSINO: Ensino *on-line*, atividades colaborativas e intervenção do professor.

DURAÇÃO ESTIMADA PARA REALIZAR AS ATIVIDADES: 1 hora e 30 minutos. Vale a pena destacar que o tempo pode ser maior que o estimado, cabendo ao professor avaliar a necessidade de ampliar, ou não, a discussão.

RECURSOS UTILIZADOS: Formulários *Google*, vídeo do *YouTube*, textos e hipertextos *on-line* e ferramentas de georreferenciamento.

OBJETIVO: Apresentar e discutir sobre alguns dos trabalhos desenvolvidos no CERN (Organização Europeia de Pesquisas Nucleares) e algumas das contribuições desses estudos para os diferentes segmentos da sociedade.

ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO E LINK DOS RECURSOS UTILIZADOS: O Quadro 7 apresenta a organização dos conteúdos e os *links* utilizados para a estruturação do terceiro e último módulo.

Quadro 7 - Organização do módulo III e os links dos recursos on-line utilizados para sua estruturação.

Atribuição	Conteúdo trabalhado no módulo e <i>link</i> para acesso
Módulo III	Atividade 6: Discussão sobre o texto do incrível Hulk (Apêndice 6). https://www.blogs.unicamp.br/ciencianerd/2017/05/31/o-hulk-e-a-fisica-quimica-e-biologia/
	Vídeo sobre o russo que colocou a cabeça em um acelerador de partículas. https://www.youtube.com/watch?v=GQ2NgNH7TYI (Anatoli Bugorski 【Acelerador de Partículas】).
	Atividade 7: Reportagem: Cern, berço da internet, celebra 30 anos da rede mundial de computadores (Apêndice 7). https://exame.com/tecnologia/cern-berco-da-internet-celebra-30-anos-da-rede-mundial-de-computadores/
	Visita de campo virtual: Visita do Cern por meio do Google Street View. - https://home.cern/news/news/cern/visit-cern-sites-new-google-street-view (Visit CERN sites new to Google Street View); - https://www.google.com/maps/@46.2338721,6.0564198,3a,75y,300h,110t/data=!3m8!1e1!3m6!1sAF1QipP3DMR3uoCVscFwmtL-_yN5RyEMkewLL4ibF38w!2e10!3e11!6shttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipP3DMR3uoCVscFwmtL-_yN5RyEMkewLL4ibF38w%3Dw203-h100-k-no-pi-20-ya9.999996-ro-0-fo100!7i8704!8i4352 (Google Street View); e - https://home.cern/science/accelerators/large-hadron-collider (The Large Hadron Collider).

	Atividade 8: Ficha de anotação de campo (Apêndice 8).
--	---

Fonte: autoria própria.

DESENVOLVIMENTO:

Assim como no segundo módulo, é prevista uma intervenção a ser feita no final do terceiro e último módulo por parte do professor. As demais etapas do ensino devem ocorrer de forma assíncrona e as discussões e dúvidas devem ser realizadas e discutidas por meio do ambiente virtual.

Neste módulo é sugerido que a intervenção seja realizada durante a visita de campo virtual, na qual o professor irá desempenhar a função de guia. É sugerido que o preenchimento da ficha de anotação de campo (Apêndice 8) tenha início durante a visita virtual e seja entregue posteriormente.

AVALIAÇÃO: Participação nas questões propostas no módulo e preenchimento do formulário.

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho foi apresentada uma proposta de sequência didática para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas (MPFP) utilizando um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e diferentes recursos multimidiáticos que podem ser acessados por distintos dispositivos com acesso a *internet*, sobretudo os *smartphones*. Adotando características do modelo de rotação, dentro de uma proposta híbrida de ensino, a sequência didática foi organizada em três módulos, que seguem a forma de aprendizagem do tipo subordinada que, além da assimilação do novo conhecimento, visa promover a alfabetização científica e tecnológica dos alunos.

Esperamos que esta proposta possa contribuir para mitigar algumas das inúmeras problemáticas que permeiam o ensino de Física, sobretudo na escola pública, por meio da utilização de uma metodologia de ensino mais atual e ativa, que atende a demanda da sociedade contemporânea. Além disso, a utilização do AVA para abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas possibilita explorar o contexto social em que este foi desenvolvido e o seu impacto na sociedade, por meio de recursos tecnológicos diversos que permitem relacionar os conceitos com suas aplicações no dia a dia.

Por se tratar de uma proposta de sequência didática baseada em materiais disponíveis na *web*, o professor pode realizar os ajustes que julgar necessários conforme as especificidades de suas turmas. O ambiente virtual proposto neste trabalho foi avaliado e validado como uma boa ferramenta para o ensino de Física na contemporaneidade.

REFERÊNCIAS

BACICH, Lilian. Ensino Híbrido: Proposta de formação de professores para uso integrado das tecnologias digitais nas ações de ensino e aprendizagem. In: Anais do Workshop de Informática na escola. 2016. p. 679.

BATISTA, M. Á. H. (2006). Consideraciones para el diseño didáctico de ambientes virtuales de aprendizaje: una propuesta basada en las funciones cognitivas del aprendizaje. **Revista Iberoamericana De Educación**, 38(5), 1-20. Disponível em: <https://doi.org/10.35362/rie3852623> . Acessado em: 14 dez. 2020.

BEAL, Ricardo et al. Da descoberta do núcleo ao Bóson de Higgs: uma introdução ao modelo padrão de partículas elementares com atividades virtuais. 2018.

CERN. The Standard Model. Disponível em: <<https://home.cern/science/physics/standard-model>>. Acesso em: 02 de out. de 2020.

FILATRO, Andrea Cristina. Learning design como fundamentação teórico-prática para o design instrucional contextualizado. 2008. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.

GALVIS Panqueva A, MENDOZA, B. P. Ambientes virtuales de aprendizaje: una metodología para su creación. **Informática Educ.** 1999;12(2):295-317.

GOMES, Roberto Rodrigues. O modelo padrão no ensino médio: um tratamento elementar. 2017.

HORN, Michael B.; STAKER, Heather; CHRISTENSEN, Clayton. Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação. Penso Editora, 2015.

MORAN, José. Educação Híbrida: um conceito-chave para a educação, hoje. In: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (Org.). Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

PASSARELLI, Brasilina; JUNQUEIRA, Antonio Helio; ANGELUCI, Alan César Belo. Os nativos digitais no Brasil e seus comportamentos diante das telas. **Matrizes**, v. 8, n. 1, p. 159-178, 2014.

RODRIGUES, Rita de Cassia Vieira; PERES, Heloisa Helena Ciqueto. Desenvolvimento de Ambiente Virtual de Aprendizagem em Enfermagem sobre ressuscitação cardiorrespiratória em neonatologia. **Rev. esc. enferm.** USP, São Paulo , v. 47, n. 1, p. 235-241, Feb. 2013 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342013000100030&lng=en&nrm=iso>. access on 19 Dec. 2020.

SCHIEHL, Edson Pedro; GASPARINI, Isabela. Contribuições do google sala de aula para o ensino híbrido. **RENOTE**, v. 14, n. 2, 2016.

SIQUEIRA, Maxwell Roger da Purificação. **Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOUSA, Willian Ferreira de. Inserção de conceitos de física de partículas elementares no ensino médio por meio de um material paradidático. 2016.

TIRONI, Cristiano Rodolfo et al. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, Água de Lindóia**, 2013.

WITT, D. Accelerate Learning with Google Apps for Education.[2015]. Disponível em: <<https://danwittwcdsbca.wordpress.com/2015/08/16/accelerate-learning-with-google-apps-for-education/>> . Acessado em: 27 de ago. de 2019.

APÊNDICE 1 – FORMULÁRIO 1.

Este questionário tem como objetivo principal fazer o levantamento dos seus conhecimentos a respeito do assunto. Portanto, responda às seguintes questões sem consultar nenhum outro material:

- 1 - Do que é constituída a matéria?

- 2 - O que são os átomos?

- 3 - De que são constituídos os átomos?

- 4 - Como os átomos estão organizados?

APÊNDICE 2 – ELABORAÇÃO DE MAPAS MENTAIS REFERENTES AOS MODELOS DE SOMMERFELD E SCHRÖDINGER.

Figura 9 - *Print screen* da segunda atividade proposta no AVA.

 **Construção de Mapas Mentais referentes a evolução dos modelos atômicos de Sommerfeld e Schrödinger.** 

rodolfo moura marques • 11 de set. Editado às 11 de set.

Vocês deverão se organizar em grupos para elaborar Mapas Mentais referentes aos modelos de Sommerfeld e Schrödinger. O vídeo " Modelos atômicos" que você assistiu anteriormente traz uma boa ideia da construção desses mapas. Outras orientações podem ser obtidas no vídeo disponibilizado nesta atividade. Neste espaço você irá compartilhar a fotografia do mapa mental elaborado pelo grupo.

 **Como fazer Mapas Mentais**
Vídeo do YouTube · 7 minutos

Comentários da turma

Fonte: arquivo pessoal.

APÊNDICE 3 – ALQUIMISTA DE PARTÍCULAS.

Figura 10 - *Print screen* da terceira atividade proposta no AVA.



rodolfo moura marques
11 de set.

⋮

ATIVIDADE: ALQUIMISTA DE PARTÍCULAS.

Você sabe o que é um alquimista e quais eram os seus objetivos?
Neste espaço será disponibilizado o link de um texto denominado de "Alquimia" em que você poderá saber um pouco mais sobre essa prática, seus objetivos e o período histórico em que foi desenvolvida.

Agora vamos brincar de alquimista!

A simulação a seguir possibilita construir um átomo com todos os prótons, nêutrons e elétrons necessários e observar o que faz mudar o elemento, sua massa e sua carga. No simulador você poderá:

- Usar o número de prótons, nêutrons e elétrons para desenhar um modelo do átomo, identificar o elemento, e determinar a massa e a carga.
- Prever como a adição ou a subtração de um próton, nêutron, ou elétron mudará o elemento, a carga e a massa.
- Usar o nome do elemento, massa e carga para determinar o número de prótons, nêutrons e elétrons.
- Definir próton, nêutron, elétron, átomo e íon.
- Criar um símbolo isotópico para um átomo, dado o número de prótons, nêutrons e elétrons.

Proposta de atividade

Após a leitura do texto "Alquimia", que tal nos tornarmos um "Alquimista de partículas"?
Com a utilização do simulador ganharemos poderes mágicos e seremos capazes de construir nosso próprio átomo, variando suas quantidades de prótons, nêutrons e elétrons.
Explore o simulador, crie seu átomo e apresente para seus colegas na parte referente a "Adicionar comentário para a turma":

- Nome do elemento criado:
- Símbolo na tabela periódica:
- Número de prótons:
- Número de nêutrons:
- Número de elétrons:
- Um exemplo de aplicação do elemento em seu cotidiano.



Alquimia - História da Qu...
<https://www.soq.com.br/con...>



Monte um Átomo
<https://phet.colorado.edu/si...>



Adicionar comentário para a turma...

➤

Fonte: arquivo pessoal.

APÊNDICE 4 – FORMULÁRIO 2

Com base em tudo que já vimos até aqui e em seus conhecimentos, responda:

1 - Levando em consideração os modelos atômicos vistos até aqui, quais as diferenças entre os contextos político, social e cultural em que eles foram formulados para os que vivemos atualmente?

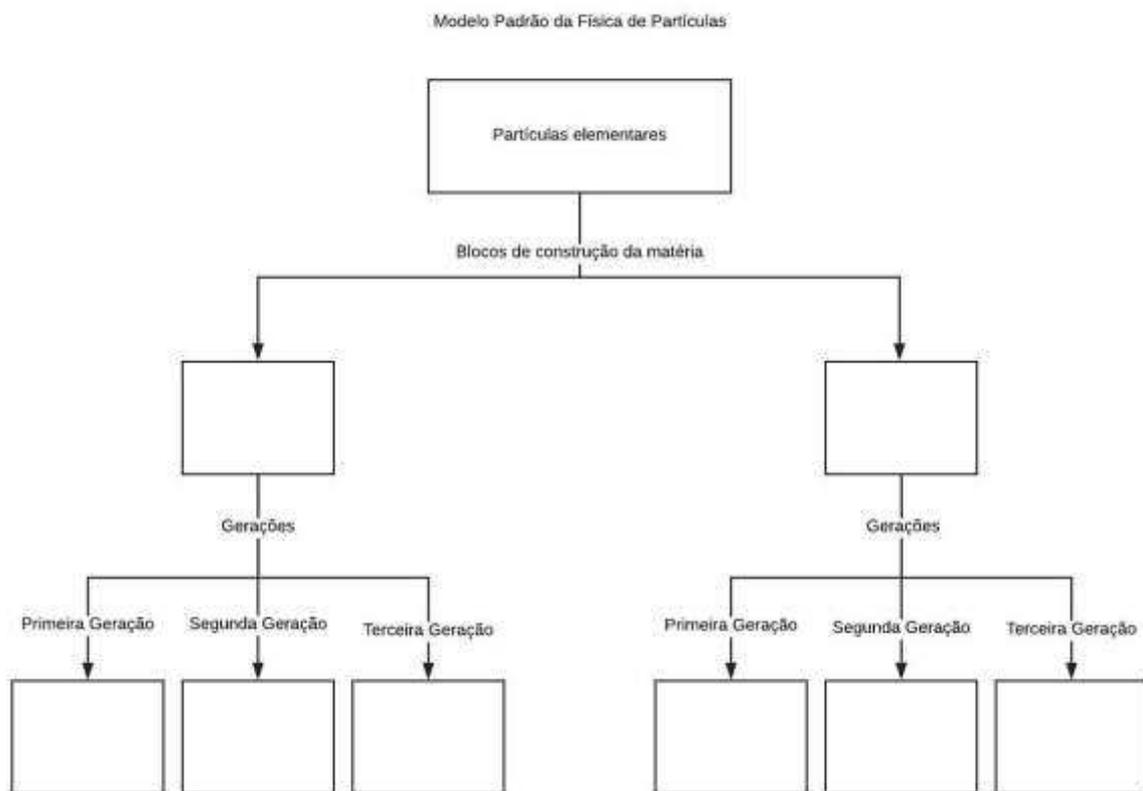
2- Com base nos modelos estudados até aqui, como você descreveria a composição do átomo?

3 - E hoje, como é o modelo atômico do século XXI?

APÊNDICE 5 – MAPAS CONCEITUAIS.

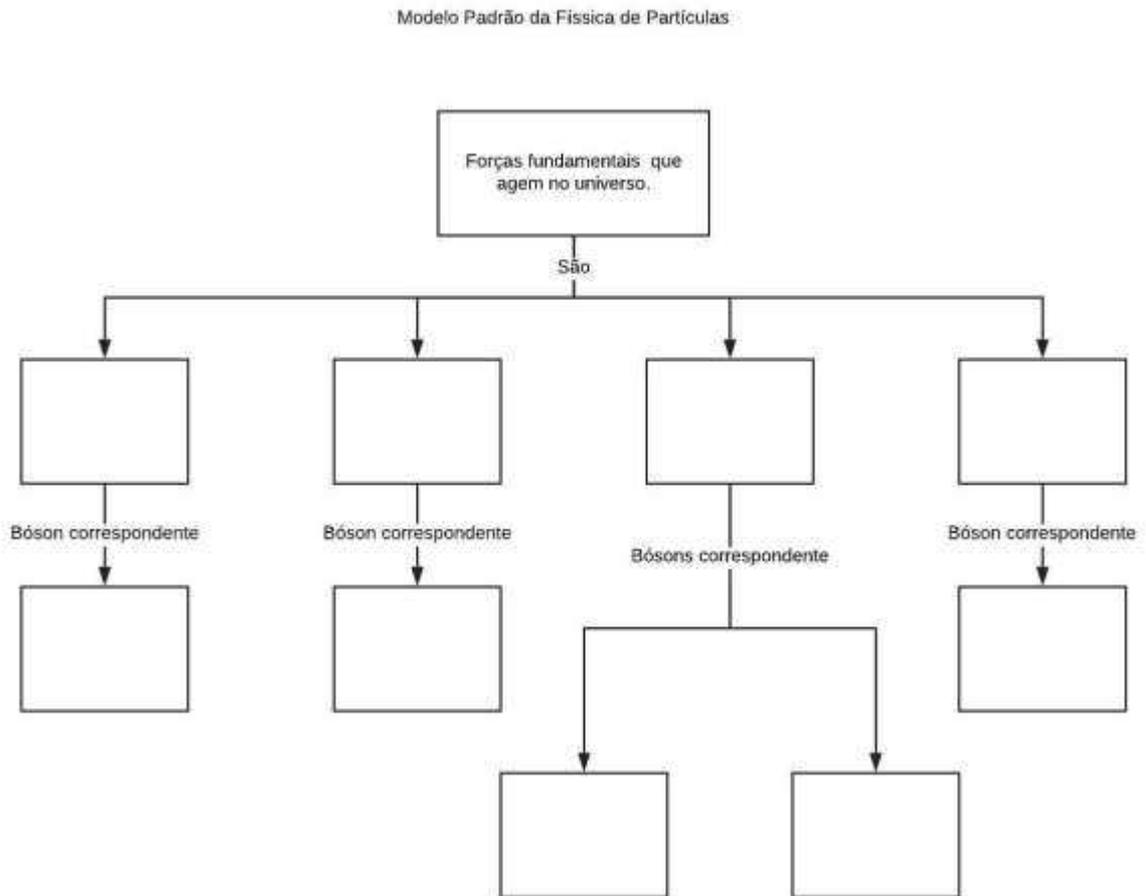
Após assistir os vídeos, realizar a leitura dos textos disponíveis no site do Cern e explorar o pôster ilustrativo, você deve preencher os mapas conceituais a seguir e postar no espaço destinado para a atividade.

Figura 11 - Mapa mental referente às partículas elementares propostas pelo Modelo Padrão.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 12 - Mapa mental referente às forças fundamentais propostas pelo Modelo Padrão.



Fonte: arquivo pessoal.

APÊNDICE 6 – DISCUSSÃO SOBRE O TEXTO DO INCRÍVEL HULK.

Figura 13 - *Print screen* da sexta atividade proposta no AVA.



rodolfo moura marques
11 de set.

TEXTO: Como a Física, a Química e a Biologia encaram o surgimento do personagem Hulk, seu processo de transformação e sua super-força?

O texto abaixo é um produto do blog de divulgação científica Ciência Nerd, que conta a história do físico nuclear Robert Bruce Banner que estava desenvolvendo para o exército americano uma arma mais poderosa que a bomba atômica: a Bomba Gama. Durante os testes dessa nova arma, e na tentativa de proteger um garoto, Robert foi exposto aos efeitos da radiação adquirindo super poderes e se transformando no Hulk.

Após a leitura do texto e baseado em seus conhecimentos científicos, comente no campo "Adicionar comentário para a turma" a seguinte questão:

Quais seriam as reais implicações para nosso organismo se fossemos atingidos por partículas subatômicas? Ganharíamos algum super poder?

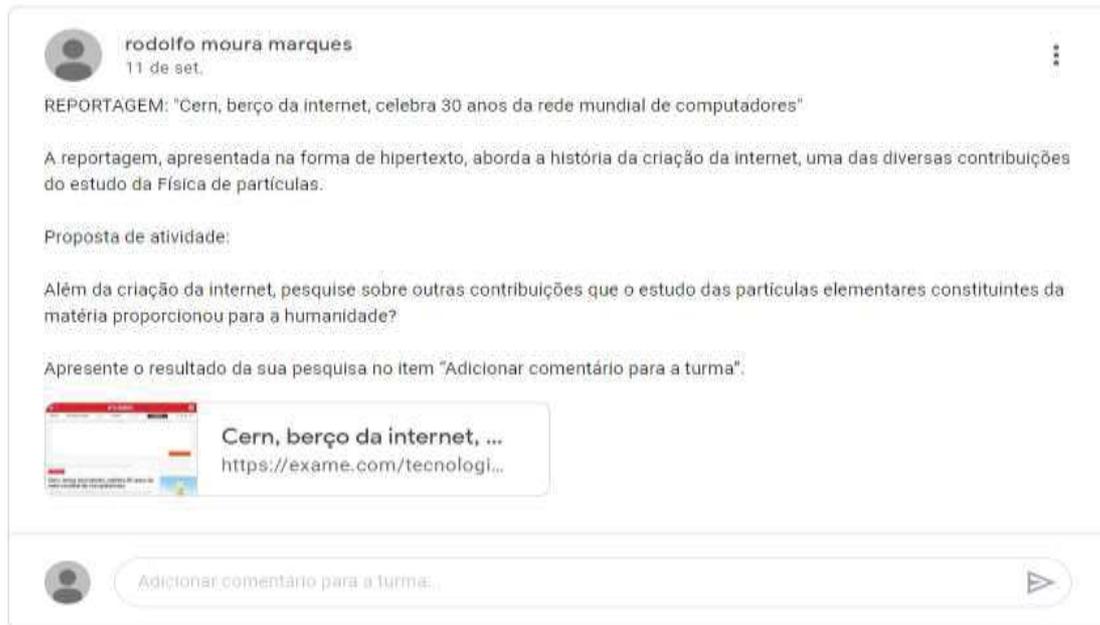
 **O Incrível Hulk - um olhar...**
<https://www.blogs.unicamp.b...>

Adicionar comentário para a turma...

Fonte: arquivo pessoal.

APÊNDICE 7 – REPORTAGEM: CERN, BERÇO DA INTERNET, CELEBRA 30 ANOS DA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES.

Figura 14 - *Print screen* da sétima atividade proposta no AVA.



The image shows a screenshot of a post in an AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) interface. The post is from the user 'rodolfo moura marquês', dated '11 de set.'. The title of the post is 'REPORTAGEM: "Cern, berço da internet, celebra 30 anos da rede mundial de computadores"'. The main text of the post reads: 'A reportagem, apresentada na forma de hipertexto, aborda a história da criação da internet, uma das diversas contribuições do estudo da Física de partículas.' Below this, it says 'Proposta de atividade:' followed by 'Além da criação da internet, pesquise sobre outras contribuições que o estudo das partículas elementares constituintes da matéria proporcionou para a humanidade?' and 'Apresente o resultado da sua pesquisa no item "Adicionar comentário para a turma".'. There is a small thumbnail image of a webpage with the title 'Cern, berço da internet, ...' and the URL 'https://exame.com/tecnologi...'. At the bottom of the post, there is a comment input field with the placeholder text 'Adicionar comentário para a turma...' and a submit button with a right-pointing arrow.

Fonte: arquivo pessoal.

APÊNDICE 8 – FICHA DE ANOTAÇÃO DE CAMPO.

Após realizar a visita virtual pelos domínios do Cern (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear), preencha a ficha de anotações de campo com as questões que seguem:

1 - Sobre o Cern (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear), obtenha as seguintes informações:

I - Ano de fundação.

II - Localização.

III - Principais estudos desenvolvidos.

Observação: As informações podem ser apresentadas em formato de texto.

2 - "O Large Hadron Collider (LHC) é o maior e mais poderoso acelerador de partículas do mundo. Consiste em um anel de 27 quilômetros de ímãs supercondutores com várias estruturas de aceleração para aumentar a energia das partículas ao longo do caminho".

I - Qual a finalidade do LHC?

II - Descreva o funcionamento do LHC com base em seus conhecimentos.

Observação: As informações podem ser apresentadas em formato de texto.

3 - O CERN possui aceleradores que aumentam as partículas para altas energias antes de serem colididas dentro dos detectores. "Assim como os caçadores conseguem identificar animais de trilhas na lama ou na neve, os físicos identificam partículas subatômicas dos traços que eles deixam nos detectores". Quais pistas são coletadas nos detectores que ajudam os físicos a descobrirem a identidade das partículas?

4 - Os feixes de partículas que percorrem o interior do LHC são feitos para colidir em quatro locais ao redor do anel do acelerador, correspondendo às posições de quatro detectores de partículas - ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS), CMS (Compact Muon Solenóide), ALICE (A Large Ion Collider Experiment) e LHCb (Large Hadron Collider beauty). Quais são os experimentos realizados nos detectores de partículas?

5 - Agora, com base no estudo feito até aqui, diga como você compreende a constituição da matéria a partir do modelo padrão da Física de Partículas.