

**VALÉRIA SILVA DIAS
FERNANDO CARVALHO**



MODERNA EM FORMAÇÃO FÍSICA

LIVRO DO PROFESSOR

**LIVRO DE FORMAÇÃO
CONTINUADA**

**CAMPO DE SABER:
FÍSICA**

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias



MODERNA

VALÉRIA SILVA DIAS

Doutora em Educação para a Ciência na área de Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp).
Licenciada em Física pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp-SP).
Professora do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP).

FERNANDO CARVALHO

Livre-docente em Estrutura da Matéria pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp). Doctor en Ciencias Físicas pela Universitat de València (Doutor em Física, de acordo com revalidação estabelecida pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – RJ). Bacharel em Física pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-SP).
Professor adjunto na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp).

MODERNA EM FORMAÇÃO FÍSICA

LIVRO DO PROFESSOR

CAMPO DE SABER: FÍSICA

Área do conhecimento: **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

1ª edição

São Paulo, 2021



Coordenação editorial: José Luiz Carvalho da Cruz
Edição de texto: Daniela Beatriz Benites de Paula
Assistência editorial: Juliana Nozomi Takeda, Patrícia Santana Tengan, Vanessa Paulino da Silva
Gerência de design e produção gráfica: Everson de Paula
Coordenação de produção: Patricia Costa
Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues
Coordenação de design e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Daniel Messias, Adriano Moreno Barbosa
Capa: Daniela Cunha
Ilustração: Daniela Cunha
Coordenação de arte: Denis Torquato
Edição de arte: Renato de Araujo Florentino
Editoração eletrônica: Setup Bureau Editoração Eletrônica
Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero
Revisão: Ana P. Felipe, Leandra Trindade, ReCriar Editorial, Yara Afonso
Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron
Pesquisa iconográfica: Carol Böck, Marcia Sato
Coordenação de bureau: Rubens M. Rodrigues
Tratamento de imagens: Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vítória Sousa
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Dias, Valéria Silva
Moderna em formação : física : livro do professor
/ Valéria Silva Dias, Fernando Carvalho. -- 1. ed. --
São Paulo : Moderna, 2021.

"Campo de saber : Física
Área do conhecimento : Ciências da natureza e suas
tecnologias".

1. Física (Ensino médio) I. Carvalho, Fernando.
II. Título.

20-51623

CDD-530.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Física : Ensino médio 530.7

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Todos os direitos reservados

EDITORA MODERNA LTDA.

Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Vendas e Atendimento: Tel. (0_11) 2602-5510
Fax (0_11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2020

Impresso no Brasil

Sumário

| | |
|---|----------|
| Carta ao professor | 5 |
| Prefácio | 6 |
| Quadros-síntese | 26 |
| Quadro-síntese do Capítulo 1 | 26 |
| Quadro-síntese do Capítulo 2 | 29 |
| Quadro-síntese do Capítulo 3 | 32 |
| Quadro-síntese do Capítulo 4 | 36 |
| Referências bibliográficas comentadas | 40 |

CAPÍTULO 1

| | |
|--|-----------|
| A construção de conhecimentos científicos ontem, a pressão do ensino de Ciências hoje e as possibilidades do amanhã. O tempo não para | 42 |
| Atividades para o ensino de Física de Partículas Elementares | 44 |
| Bloco 1 – Articulação entre Física, História e Filosofia | 46 |
| Pesquisa e júri simulado | 46 |
| Atividade de avaliação: Júri simulado | 49 |
| Bloco 2 – Articulação entre Física, História e Química | 51 |
| Tabela Periódica | 51 |
| Atividade de avaliação: Jogo da Tabela Periódica | 55 |
| Bloco 3 – Articulação entre Física, Química, História e Língua Portuguesa | 57 |
| O eferescente século XIX | 58 |
| O recente século XX | 60 |
| A descoberta do méson pi | 62 |
| Linha do tempo de detecção de partículas | 67 |
| Viagem virtual | 68 |
| Modelo Padrão das Partículas Elementares | 73 |

CAPÍTULO 2

| | |
|--|-----------|
| A arte de ensinar Física e o diálogo da Física com as Artes e outras Ciências | 80 |
| A provisoriade das “verdades” científicas: reflexões sobre a gravitação | 80 |
| Exploração de simetrias como caminho para a construção de conhecimentos científicos | 83 |
| Bloco 1 – Articulando Física com Artes e Matemática | 84 |
| Identificação de simetrias – visitando um museu de artes plásticas | 85 |
| Exploração de figuras planas e sólidos geométricos – utilizando o <i>software</i> GeoGebra | 86 |
| Bloco 2 – Articulando Física com Biologia e Química | 87 |
| Avaliação de conteúdos de Física e Biologia | 87 |
| Avaliação de conteúdos de Física com Química | 88 |
| Bloco 3 – Articulando Física com Matemática | 89 |

| | |
|--|----|
| Recortes da história da Física e da Matemática | 89 |
| Conservação do momento linear – laboratório presencial e laboratório virtual | 90 |
| Conservação do momento angular – vídeo e laboratório virtual | 92 |
| Atividade de avaliação: Preservação ambiental: obrigação de todos | 96 |

CAPÍTULO 3

| | |
|---|-----|
| Aprender física para quê? Ensinar física para quem? | 100 |
| Bloco 1 – Articulando Ciência, História e Cidadania | 103 |
| O caminho da eletricidade | 104 |
| Projetos para redução do consumo de energia elétrica | 107 |
| Bloco 2 – Articulando Física e História da Ciência na unificação de Eletricidade e Magnetismo | 112 |
| O experimento de Oersted | 115 |
| O motor elétrico | 117 |
| A indução eletromagnética | 119 |

CAPÍTULO 4

| | |
|---|-----|
| Quando “não sei” é a melhor resposta: a experimentação em foco | 130 |
| Bloco 1 – Articulando Física e Tecnologia | 137 |
| Primeiro acelerador de partículas – viagem no tempo guiada pelo professor | 137 |
| Aceleradores de partículas em casa – por dentro de uma televisão de tubo | 138 |
| Os grandes aceleradores de partículas – LINAC, LHC, LNS (Sirius) | 139 |
| Mesa de rastros | 142 |
| Seção de choque | 145 |
| Largura de decaimento | 147 |
| Bloco 2 – Articulando experimentos presenciais, virtuais e remotos | 150 |
| Ondas eletromagnéticas: caracterização e blindagem | 151 |
| Transmissão de calor – processo de condução e análise comparativa | 154 |
| Atividade de avaliação: Comparando experimentos | 157 |
| Plano inclinado – comparando atividade presencial, remota e virtual | 159 |
| Atividade de avaliação: Estudo da queda dos corpos | 166 |

Carta ao professor

Cara professora, caro professor,

Consideramos que a Física se ocupa de assuntos extremamente interessantes e muito distintos e, por isso, entendemos que ensinar Física é uma tarefa ao mesmo tempo estimulante e complexa.

A consciência sobre a complexidade da tarefa de ser professor de Física nos dias atuais é o que nos moveu a escrever para você. Assim, queremos dizer que “estamos no mesmo barco”. Este é um texto escrito por professores de Física para professores de Física. Isso significa que procuramos considerar questões relativas ao conteúdo específico e, talvez de forma ainda mais intensa, questões relativas às dificuldades de ensinar Física, no Brasil, para jovens adolescentes do e no século XXI.

Foi um grande desafio escrever para professores do país todo, que possuem histórias formativas certamente diferentes. Questionamo-nos sobre como construir um texto para leitores de diferentes culturas e contextos e decidimos que o ponto de partida não poderia ser uma suposição sobre o que você sabe ou não sobre Física. Formados em Física ou não, não sabemos tudo o que já se produziu de conhecimento nas diferentes áreas de Física.

Selecionamos então um conjunto de atividades que utilizamos no ensino de Física ao longo do tempo com o propósito de que cada situação partilhada possa servir de ponto de partida, de inspiração para que você possa criar – reelaborando a atividade com outro conteúdo, abordando o mesmo conteúdo com outras estratégias ou, ainda, propondo a atividade com outras finalidades e objetivos.

Em cada situação abordada, procuramos identificar as possibilidades de articulações entre diferentes componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e de articulações com outras áreas de conhecimento. Também buscamos evidenciar os limites e potencialidades das estratégias e recursos propostos, bem como estabelecer vínculos com as competências e as habilidades apontadas na BNCC, que podem ser mobilizadas por meio de cada atividade. Esperamos que vocês gostem.

Os autores

Prefácio

Os desafios para ensinar Física não são poucos. Muitas são as questões que inquietam os professores:

- *Quem são os jovens estudantes que estão hoje na escola?*
- *O que eles esperam dela?*
- *O que a escola espera deles?*
- *O que a sociedade espera de nós?*
- *Quais conteúdos devo priorizar nas minhas aulas?*
- *O que preciso mudar nas minhas aulas para me adequar às exigências da BNCC?*
- *O que eu faço com as perguntas sobre Teoria de Cordas, Supersimetria, Fusão de Buracos Negros, Ondas Gravitacionais e tantas outras que os estudantes fazem sobre assuntos que não conheço e sobre os quais nunca estudei?*
- *Se não domino todos os conteúdos de Física, como poderei dar conta de fazer relações com conteúdos de Química, Biologia ou com componentes curriculares de outras áreas de conhecimento?*



ERICSON GUILHERME LUCIANO

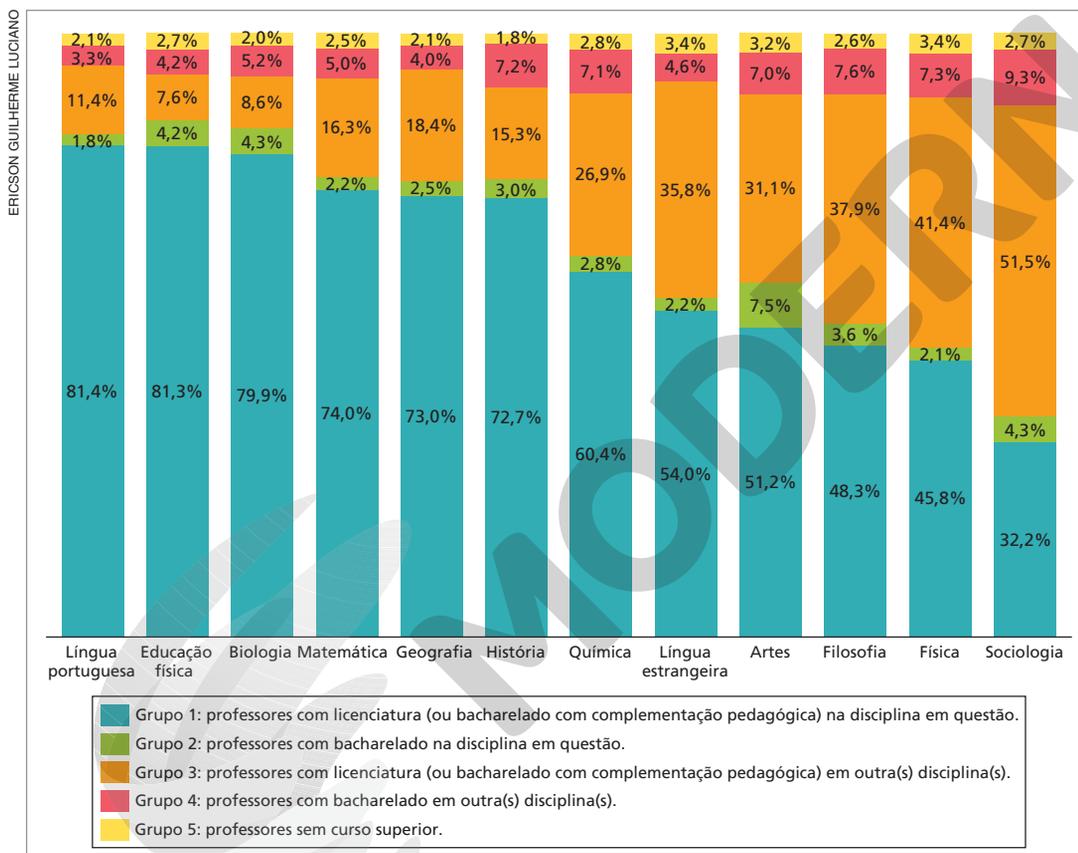
Acreditamos que você também seja incomodado por questões como essas e temos consciência de que você pode apenas “estar” professor de Física, sem se identificar propriamente com isso, ou seja, talvez você não tenha se formado para ser um professor de Física, mas assumiu aulas de Física porque precisou complementar a sua carga didática e as aulas estavam “livres” na escola, como reflexo do imenso déficit de professores de Física que existe no país.

Estamos conscientes de que menos da metade dos professores que lecionam Física nas escolas brasileiras de Ensino Médio possui formação específica em Física. Entendemos que isso não diminui a responsabilidade do professor com essa disciplina; pelo contrário, isso é uma tarefa mais complexa.

OLHANDO AO REDOR

Quando se fala de formação de professores no Brasil, cabe sempre perguntar: formação em quê? Dando aula do quê? Isso porque temos um número significativo de professores no país que não têm a formação adequada para as disciplinas que lecionam. Segundo dados do Censo da Educação Básica, em 2019, tínhamos 507,9 mil professores atuando no Ensino Médio no Brasil e apenas 88,5% possuíam licenciatura plena, nem sempre na área de atuação, como mostra o gráfico a seguir.

Percentual de adequação da formação docente para o Ensino Médio, por disciplina, no Brasil, em 2019



BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).
Censo da Educação Básica 2019: Resumo Técnico. Brasília, DF: Inep, 2020.

Do gráfico, destacamos o resultado de apenas 47,9% dos professores com formação em Física, o que revela a situação alarmante em que se encontra o ensino dessa ciência no país. Vale ressaltar que os dados mostrados no gráfico se referem à soma dos professores que atuam nas redes públicas (federal, estadual e municipal) e na rede particular de ensino. Se olharmos isoladamente apenas a rede estadual de ensino, responsável por quase 84% das matrículas no Ensino Médio em 2019, a situação é ainda mais grave, pois é a rede que tem a menor concentração de professores de Física com formação adequada.

Quantas vezes já nos sentimos mal por não saber algo questionado pelos estudantes? Sabemos que isso pode ser muito frustrante. Mas precisamos entender que nem sempre se trata de lacuna na nossa formação inicial ou continuada. A velocidade com a qual a ciência produz conhecimento na atualidade é muito grande, torna impossível saber completa e detalhadamente tudo. Para o professor da Educação Básica, a frustração aumenta porque são justamente as produções recentes, aquilo que alguns pesquisadores estão começando a entender, o que mais desperta o interesse dos jovens estudantes e adolescentes.

Temos a sensação de que a Física contemporânea, aquilo que está sendo estudado na atualidade e a produção recente de conhecimento parecem chegar mais rapidamente aos estudantes do que a nós professores. Eles nos surpreendem com questionamentos sobre assuntos que viram em documentários, em canais de vídeos na internet, ouvindo *podcasts* e, muitas vezes, não sabemos nada sobre o que estão nos questionando.

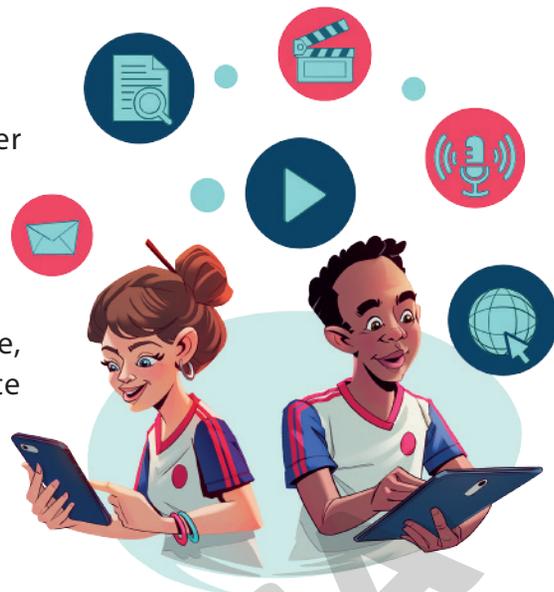
Então, não adianta entrar em crise. Nós, professores de Física, não sabemos tudo sobre Física, mas certamente sabemos muitas coisas. O que devemos fazer diante desses desafios? É preciso repensar nosso papel de educador. Essa é uma dimensão importante em nosso projeto de vida profissional.

Em um mundo em que o acesso à informação tem sido facilitado para o estudante, não é possível pensar que esse é o papel que vamos cumprir na vida dele. Não seremos os fornecedores de informação. A informação está disponível para esse estudante de diversas formas. Às vezes, eles têm informações mais atualizadas, mais detalhadas do que aquelas que possuímos.

Devemos considerar, portanto, que aprenderemos ao mesmo tempo em que ensinaremos. Como disse Paulo Freire (1996, p. 25), "Não há docência sem discência, as duas se explicam, e seus sujeitos, apesar das diferenças que os conotam, não se reduzem à condição de objeto, um do outro. Quem ensina aprende ao ensinar, e quem aprende ensina ao aprender".

Isso envolve uma reflexão sobre o modo de ensinar e de aprender na escola, bem como sobre as relações que estabelecemos com os estudantes, que requerem, conforme defende Cerqueira (2006), empatia entre quem aprende e quem ensina, que resulta de sentimento de identificação entre os sujeitos. A identificação com os estudantes talvez seja um ponto a questionarmos em nossa formação, na qual as marcas de diferenciação e de distanciamento entre professor e aluno podem ser muito fortes.

Essa perspectiva de superação do ensino transmissivo também está contemplada na BNCC quando esta afirma que



TAEI GOMES

AMPLIANDO CONHECIMENTOS

Para saber mais sobre as referências citadas, recomendamos a leitura dos textos:

- CERQUEIRA, T. C. S. O professor em sala de aula: reflexão sobre os estilos de aprendizagem e a escuta sensível. *Psic*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 29-38, jun. 2006.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

“No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações” (BNCC, 2017, p. 14)¹.

Portanto, ao repensarmos o papel da escola e nosso papel como professor, é imprescindível que consideremos a necessidade de que todos aprendam como obter e como lidar de forma autônoma com as informações cada vez mais disponíveis, principalmente, nos contextos das culturas digitais. Ainda, é fundamental que aprendamos a agir de forma criteriosa e responsável na aplicação dos conhecimentos em resolução de problemas que levem a soluções para nós, como indivíduos, para a comunidade na qual nos inserimos e para a humanidade, como espécie que abriga um largo espectro de diversidades.

Para ressignificar nosso papel na sala de aula, precisamos questionar a formação docente que tivemos. Embora o Brasil seja enorme e tenha cursos diferentes para formar professores, com particularidades regionais inclusive, quase todo professor foi (e têm sido) formado para transmitir informações para os estudantes. Quase todos construímo-nos professores nessa perspectiva. E agora estamos vivendo todas as angústias e todas as pressões da encruzilhada a que chegamos, onde precisamos conciliar a formação que tivemos na universidade, a maneira como fomos nos construindo como professores na prática e as demandas da atualidade.

A história de nossa própria formação tem essa mesma marca do ensino transmissivo/informativo. Sabemos como é uma marca profunda e que tende a direcionar nossa ação docente para a repetição. Levamos muito tempo até desenvolvermos consciência sobre isso e aos poucos fomos remodelando nossa prática.

Neste livro, vamos partilhar com vocês algumas de nossas experiências de ensino (e de alguns colaboradores) nas quais a barreira do ensino transmissivo/informativo foi superada. Escolhemos vivências, conteúdos, situações de ensino, metodologias que acreditamos serem relevantes para ajudá-lo a repensar o seu lugar de professor no contexto em que se encontra.

Precisamos dizer que a escolha das experiências que trouxemos para esse texto não foi fácil. Estamos na estrada da educação há bastante tempo, atuando na Educação Básica e no Ensino Superior, e vivemos muitas situações que gostaríamos de compartilhar. Nosso critério foi privilegiar situações que mobilizassem saberes docentes importantes para atuar agora e, também, que ajudassem a enfrentar o futuro.

¹ Utilizamos a versão da BNCC instituída via Portaria nº 1.570, publicada no D. O. U. de 21/12/2017: BRASIL. MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: jul. 2020.



Para balizar nossas escolhas, preocupamo-nos em compreender para onde a seta da Educação está apontando. E parece-nos cada vez mais claro que ela aponta para a integração de conteúdo, para o agrupamento de componentes curriculares, como tem mostrado as diretrizes educacionais. Um caminho importante nessa direção é seguir a orientação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que “propõe a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento” (2017, p. 15). Nosso entendimento é que a BNCC está posta no presente como um desafio, mas vai realmente se consolidar como matriz para a organização dos currículos escolares no futuro.

Portanto, a BNCC nos parece um “caminho sem volta”. Assim, precisamos nos apropriar dela, construir as críticas que sejam necessárias e aproveitar aquilo que seja pertinente para orientar a nossa prática docente. Para isso, queremos convidá-lo agora para uma rápida imersão na BNCC. Selecionamos aqueles pontos do (longo) documento que nos parecem mais importantes e que nos ajudaram na escolha das atividades que compartilhamos neste material.

Um desses pontos é que a BNCC “indica que as decisões pedagógicas devem estar orientadas para o desenvolvimento de competências” (2017, p. 13), ou seja, o documento apresenta conjuntos de competências indicadoras daquilo que os estudantes de todo o país devem “saber” e “saber fazer”. No documento

“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” (ibidem, p. 8).

Destacamos da BNCC o conjunto com as dez competências gerais para a Educação Básica.



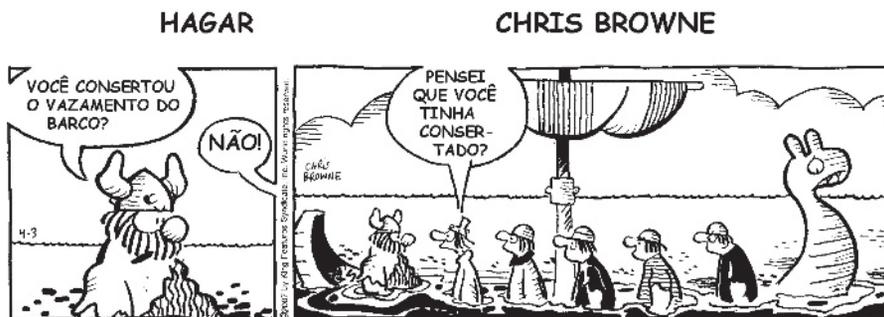
1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.

5. 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 disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

(BNCC, 2017, p. 9).

Seria maravilhoso se, ao final do Ensino Médio (quando se conclui a Educação Básica), todos os cidadãos brasileiros tivessem desenvolvido cada uma dessas competências. Com certeza teríamos recursos humanos aptos para a construção de um país melhor. Mas sabemos que, infelizmente, não é essa a realidade. Temos jovens chegando ao final da Educação Básica sem desenvolver sequer as habilidades básicas de leitura e escrita. Segundo dados de 2019 (IBGE/PNADC, 2020²), 6,6% dos brasileiros com 15 anos ou mais não sabem escrever um bilhete ou recado simples em Língua Portuguesa. Os motivos são os mais diversos, e não cabe aqui discuti-los. O que nos cabe é refletir sobre o que nós, professores de Física, podemos fazer para mudar essa realidade. Um passo importante é reconhecer que somos parte do problema e parte da solução.

2 BRASIL. IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**. IBGE, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/17270-pnadcontinua.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 4 dez. 2020.



© 2020 KING FEATURES SYNDICATE/IPRESS

Muitos professores do Ensino Médio se esquivam da responsabilidade pelo desenvolvimento de certas competências com os estudantes, alegando que elas deveriam ter sido desenvolvidas no Ensino Fundamental. Se entendermos que essas competências gerais são responsabilidade de todos os que atuam na Educação Básica, poderemos auxiliar melhor nossos estudantes nas demandas reais de cada um, não apenas naquilo que cada um acredita que seria da própria alçada. Isso não significa que não existam objetivos específicos para cada etapa da Educação Básica e competências específicas para cada área de conhecimento nessas etapas. Eles existem, mas, certamente, não podemos nos ater a uma parte sem termos consciência de como esta se articula com o todo.

As competências gerais “inter-relacionam-se e desdobram-se no tratamento didático proposto para as três etapas da Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio), articulando-se na construção de conhecimentos, no desenvolvimento de habilidades e na formação de atitudes e valores, nos termos da LDB” (BNCC, 2017, p. 8).

Considerando que a nossa ação como professores de Física ocorre, prioritariamente, no Ensino Médio, vamos tratar dessa etapa detalhadamente, verificando como ela se estrutura na reorganização curricular demandada pelas diretrizes educacionais e como o componente Física se localiza nessa estrutura.

Cabe lembrar que o artigo 26 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) já dizia, em 1996, que os currículos das etapas da Educação Básica deveriam ter base nacional comum. Fomos produzindo, desde 1998, seguindo o Parecer CNE/CEB nº 15/1998³, diretrizes e parâmetros curriculares para o Ensino Médio organizado em áreas de conhecimentos. A BNCC do Ensino Médio, homologada em dezembro de 2018, apresenta uma organização em quatro áreas: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

3 Vários elementos das mudanças em curso na educação tiveram sua gestação há décadas, como a organização do Ensino Médio por áreas de conhecimento e a existência de uma base curricular comum para a Educação Básica do país. Recomendamos fortemente a leitura integral do Parecer CNE/CEB nº 15/1998 para a ampliação de conhecimentos sobre esse processo histórico. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1998/pceb015_98.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2020.

A organização de diretrizes curriculares por áreas de conhecimento tem por finalidade integrar componentes do currículo para melhorar a compreensão e a transformação da realidade. Porém, passados mais de vinte anos, essa organização ainda não é realidade na prática educativa do país. Será que se trata de uma proposta ruim? Será que a ideia é boa, mas a implementação é difícil? O que você pensa sobre essa forma de organização do Ensino Médio?

Vamos propor uma reflexão, independentemente da avaliação que possamos ter da BNCC neste momento da história. Parece-nos razoável reconhecer que a fragmentação dos conteúdos escolares não favorece o entendimento e a busca por soluções de problemas reais da vida cotidiana que, quase sempre, são complexos e exigem articulação de conhecimentos de diferentes áreas para serem compreendidos e resolvidos.



É fato que não formamos professores por áreas de conhecimento e temos pouca ou nenhuma experiência concreta de orientação de currículos nessa perspectiva. Então, organizar o Ensino Médio por áreas de conhecimento implica o fim das disciplinas? Um parecer do Conselho Nacional de Educação de 2009 afirma que a interdisciplinaridade e a organização por área de conhecimento

[...] não excluem **necessariamente** as disciplinas, com suas especificidades e saberes próprios historicamente construídos, mas, sim, implica o fortalecimento das relações entre elas e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo trabalho conjugado e cooperativo dos seus professores no planejamento e na execução dos planos de ensino (Parecer CNE/CP nº 11/2009, grifo nosso)⁴.

Devemos acreditar que essa organização, que deve ir ganhando concretude na prática com a Reforma do Ensino Médio (REM), contribuirá para a integração dos conhecimentos e o aumento da atribuição de sentidos aos conceitos e conteúdos estudados nas escolas. No entanto, temos consciência do receio de que a exclusão de disciplinas ocorra efetivamente e, no caso de Física, que isso possa ser motivado por falta de oferta da disciplina nas redes de ensino em que exista escassez de professores com a formação adequada.

⁴ Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/parecer_minuta_cne.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2020.

Por isso, é muito importante que a sociedade (e, particularmente, os professores de Física) saiba o papel desse componente no currículo do Ensino Médio e como ele pode contribuir no desenvolvimento das competências da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, bem como ter seus conteúdos articulados com o conteúdo de outras áreas de conhecimento.

Atuar concretamente na dimensão disciplinar e na dimensão interdisciplinar é fundamental na educação moderna e, como professores, precisamos reorganizar nossa prática docente, progressivamente, nessa direção. Vamos olhar, então, para a estrutura da BNCC do Ensino Médio a fim de entendermos o papel do componente Física nessa estrutura.



Essa imagem nos ajuda a entender que as competências gerais para a Educação Básica estão expressas nas competências específicas das quatro áreas de conhecimento que organizam o Ensino Médio, bem como orientam os itinerários formativos das áreas. Então, podemos nos aproximar das competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), nas quais se enquadra o componente Física.

Estão definidas três competências para a área de CNT:

CNT1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.

CNT2: Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

CNT3: Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

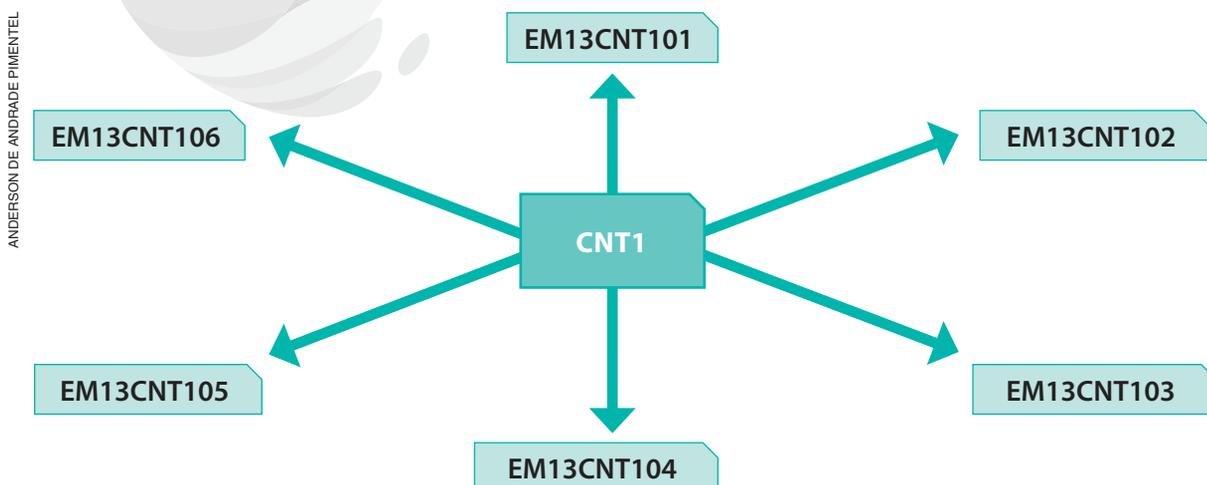
Pode-se notar que existe uma continuidade das temáticas adotadas na BNCC do Ensino Fundamental para a mesma área, ou seja, as temáticas “Matéria e Energia”, “Vida e Evolução” e “Terra e Universo” permanecem para o Ensino Médio, mas propostas com outro nível de profundidade e para exploração de problemas com maior complexidade.

O tema “Matéria e Energia” se conecta como o tema da CNT1 “Vida e Evolução”. Na mesma direção, o tema “Terra e Universo” parece identificado como tema da CNT2, e o tema “Tecnologia e Linguagem Científica” permeia, em nossa interpretação, a CNT3. Para cada uma das competências foi estabelecido um conjunto de habilidades que “expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos estudantes nos diferentes contextos escolares” (BNCC, 2017, p. 29).

São seis as habilidades associadas à competência 1 (CNT101, CNT102, CNT103, CNT104, CNT105 e CNT106), sete habilidades associadas à competência 2 (CNT201, CNT202, CNT203, CNT204, CNT205, CNT206 e CNT207) e dez habilidades associadas à competência 3 (CNT301, CNT302, CNT303, CNT304, CNT305, CNT306, CNT307, CNT308, CNT309 e CNT310).

No texto da BNCC, as siglas apresentadas acima são precedidas por duas letras de identificação da etapa da Educação Básica (EM), seguida por dois números que indicam o momento na etapa para o qual está previsto o desenvolvimento, por exemplo, da habilidade (13) que significa do primeiro ao terceiro ano.

As seis habilidades associadas à CNT1 são:



(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, com base na análise dos efeitos das variáveis termodinâmicas e da composição dos sistemas naturais e tecnológicos.

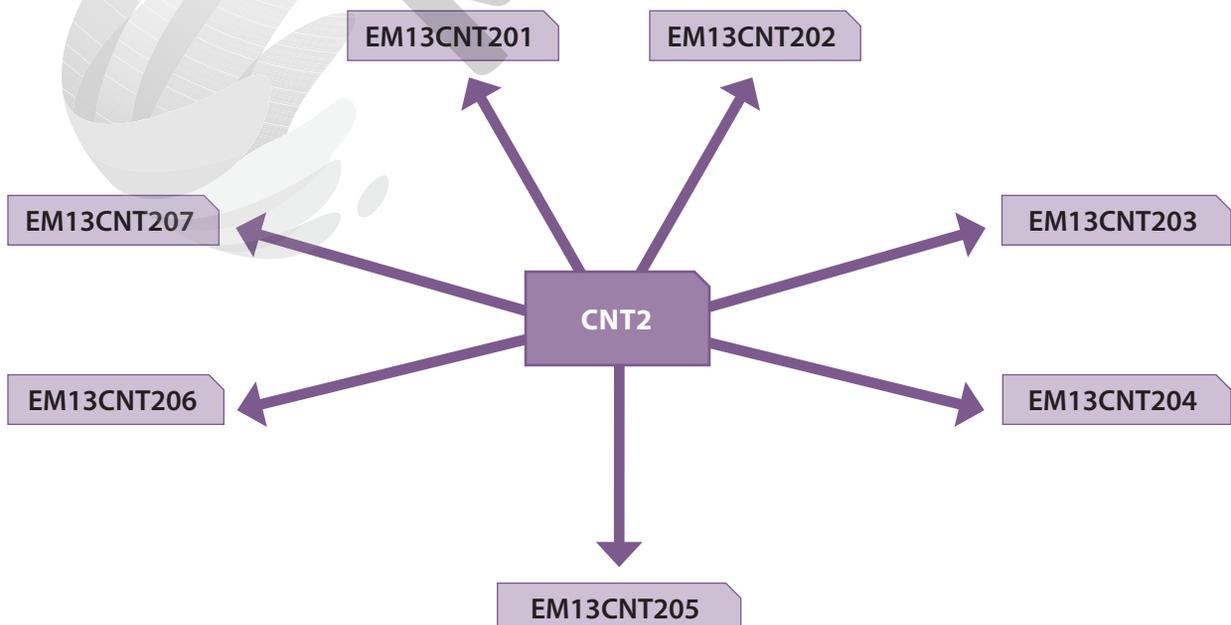
(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.

(EM13CNT105) Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

As sete habilidades associadas à CNT2 são:



(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.

(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.

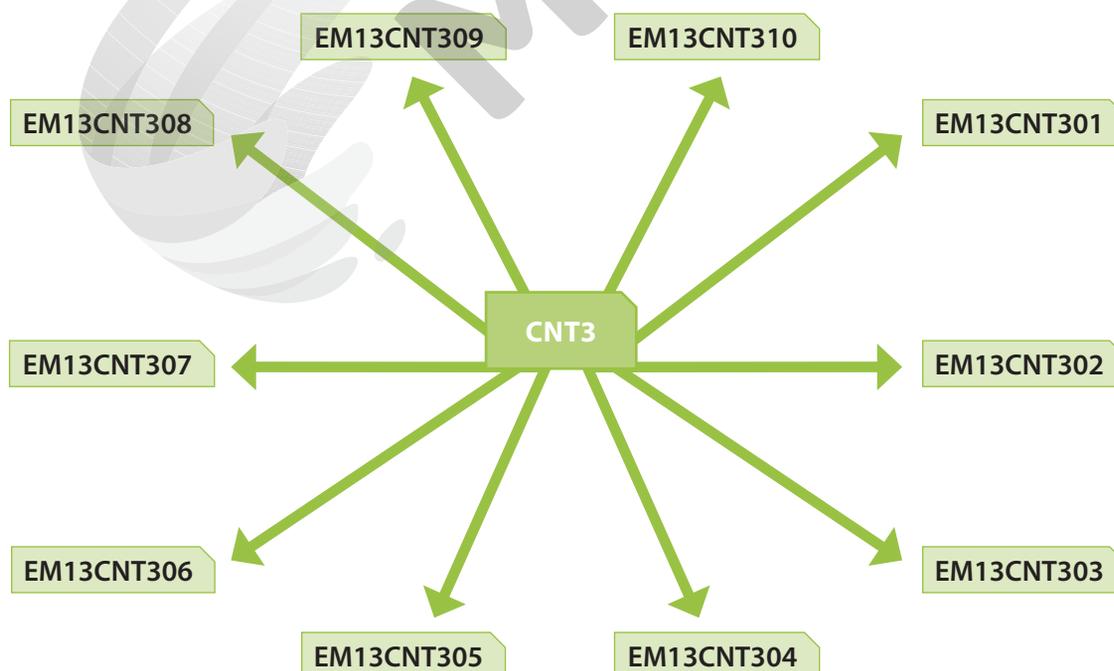
(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT207) Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

As dez habilidades associadas à CNT3 são:

ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL



(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.

(EM13CNT307) Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis.

(EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.

(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Ao olharmos o quadro completo, um ponto que nos chama a atenção é que o desenvolvimento desse conjunto de habilidades exige dinâmicas em que os jovens estudantes sejam ativos e tenham a criatividade e a autonomia valorizadas e incentivadas.

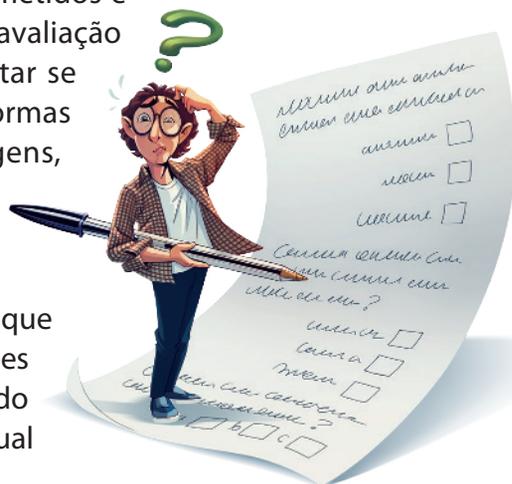
Devemos considerar que a juventude de hoje apresenta o perfil mais diversificado da história da humanidade e que educamos em um país com dimensões continentais; portanto, as referências dos diferentes contextos e o respeito à história desses jovens precisam ser considerados como fundamentais para que a escola básica consiga cumprir o seu papel e os habilite para a educação de nível superior e/ou para a inserção no mundo do trabalho em constante transformação.

Consideramos importante salientar que a relevância da diversidade cultural não deve ser considerada apenas ao escolhermos um conteúdo para compor o currículo ou ao definirmos uma estratégia ou recurso para conduzir o estudo junto com os estudantes. Ela também precisa ser considerada em nossas práticas avaliativas. A dimensão da avaliação talvez seja a mais padronizada em nossa história formativa e isso tem impacto direto em nossa prática docente.

Nos cursos de Ensino Superior, incluindo os cursos de licenciatura em Física, os instrumentos de avaliação mais utilizados são provas pontuais dissertativas e/ou de múltipla escolha, ou seja, a avaliação se coloca como um momento de interrupção na rotina de aulas que está em desenvolvimento para levantamento de pontos específicos sobre os conteúdos estudados (normalmente com dia e horário prefixados). Frequentemente, as provas objetivas são os únicos instrumentos utilizados nas avaliações dos futuros professores. Não é razoável esperar que esses sujeitos tenham práticas avaliativas diferentes no futuro, sem formação condizente para isso.

Por isso, temos de ter bastante vigilância sobre essa dimensão da nossa história docente. Precisamos questionar se estamos apenas reproduzindo as práticas avaliativas às quais fomos submetidos e qual, de fato, tem sido a contribuição dessas práticas de avaliação para a formação dos estudantes. Devemos nos perguntar se temos contemplado em nossas avaliações as diversas formas de expressão de conhecimentos, as diferentes linguagens, as múltiplas maneiras de os jovens se relacionarem com os conhecimentos escolares.

Nossa sugestão é empregar instrumentos de avaliação mais orgânicos, mais integrados às diferentes atividades que desenvolvemos em sala de aula, ou seja, a prática de avaliações processuais (não pontuais) e formativas, no sentido defendido por Luckesi em ampla literatura sobre avaliação, sobre a qual destacamos algumas obras no box a seguir.



TIEL GOMES

AMPLIANDO CONHECIMENTOS

Para nortear um estudo sobre avaliação, sugerimos algumas obras de um especialista na área, o professor doutor Cipriano Carlos Luckesi. Em seguida, relacionamos obras de outros autores que podem complementar o estudo.

LUCKESI, C. C. **Filosofia da Educação**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2014.

LUCKESI, C. C. **Sobre notas escolares: distorções e possibilidades**. São Paulo: Cortez, 2014.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem: componente do ato pedagógico**. São Paulo: Cortez, 2012.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e recriando a prática**. 2. ed. Salvador: Malabares, 2005.

Outras obras sobre avaliação:

CABRITO, B. G. Avaliar a qualidade em educação: Avaliar o quê? Avaliar como? Avaliar para quê? **Cad. Cedes**, Campinas, v. 29, n. 78, 2009.

LORDELO, J. A. C.; DAZZANI, M. V. (org.). **Avaliação educacional: desatando e reatando nós**. Salvador: EDUFBA, 2009.

OLIVEIRA, J. F.; SCAFF, E. A. S. (org.). **Regulação, avaliação e qualidade da educação: agendas e realidades locais**. Brasília: ANPAE, 2019. (Série Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Política e Administração da Educação).

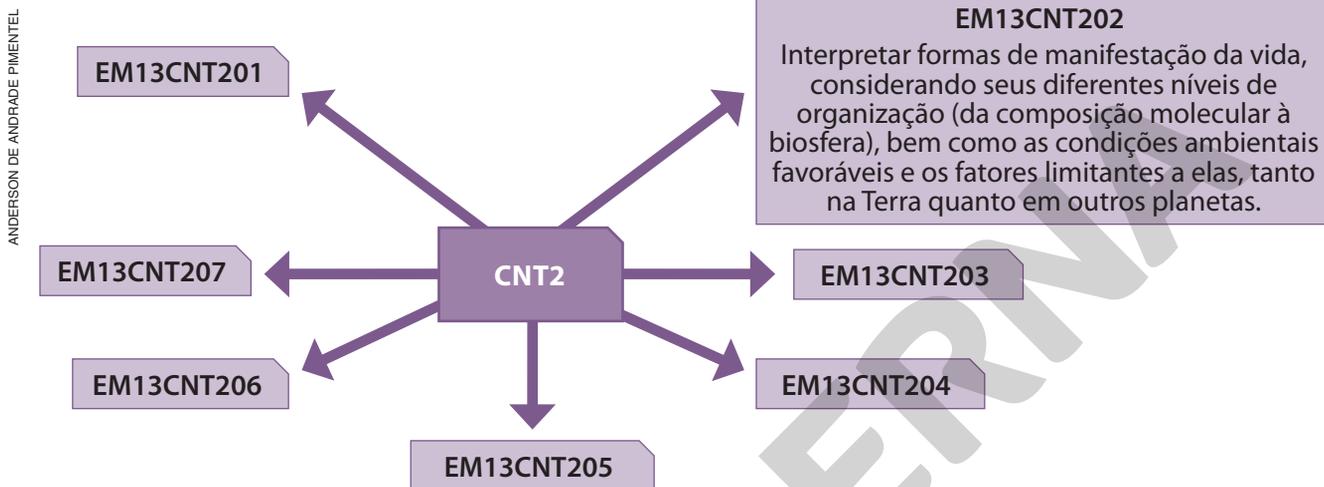
Em todos os capítulos deste livro, propomos atividades que podem ser desenvolvidas em aulas do Ensino Médio. Algumas delas foram pensadas também como instrumento de avaliação. Isso significa que defendemos a construção de um planejamento de ensino em que o professor pense o conjunto de atividades que gostaria de desenvolver com os estudantes em cada unidade temática e, finalizada essa etapa, em vez de planejar a inclusão de outros instrumentos para avaliar, retome cada uma das atividades selecionadas e questione o potencial avaliativo que elas possuem.

Assim, sugerimos que o professor identifique como os conhecimentos desenvolvidos pelos estudantes e as competências e habilidades desenvolvidas se revelarão na execução de cada atividade planejada. Dessa maneira, o professor terá os critérios e os instrumentos de avaliação de forma integrada no planejamento.

Outro ponto que nos parece bastante claro é que o conjunto das vinte e três habilidades apontadas na BNCC necessita ser desenvolvido em regime de colaboração entre os componentes da área de CNT. São poucas aquelas que enxergamos poderem ser desenvolvidas em um único componente. Podemos citar como possíveis exemplos as habilidades EM13CNT204 e EM13CNT308, que poderiam ser desenvolvidas integralmente no componente curricular Física. Mas, mesmo nesses casos, os olhares da Química e da Biologia poderiam trazer complementos interessantes.

De forma geral, percebemos que as contribuições de cada componente do currículo podem ocorrer em maior ou menor grau, dependendo da habilidade em desenvolvimento.

Façamos uma análise da habilidade dois, associada à competência específica dois da área de CNT (EM13CNT202). Essa é uma habilidade proposta para desenvolvimento durante os três anos do Ensino Médio e, na nossa interpretação, pode ser mobilizada por professores dos três componentes curriculares da área de Ciências da Natureza – Biologia, Física e Química –, auxiliados também por repertório de outras áreas de conhecimento, como o das Ciências Sociais.



Propomos uma atividade que envolva o uso de filmes que retratem a busca de lugares fora da Terra para serem habitados pelos humanos (por exemplo, os filmes **Interestelar** e **Perdido em Marte**). A produção escolhida (ou parte dela) pode ser assistida na escola, no caso de muitos estudantes não terem acesso fora dela, e eles devem ser orientados a produzir coletivamente um resumo da obra. Acreditamos que o filme pode aumentar a motivação dos estudantes e facilitar o engajamento na atividade, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade EM13CNT202.

Biologia e Química podem contribuir com diferentes conteúdos que ajudem a entender os condicionantes para a manutenção da vida no planeta Terra, como a composição da nossa atmosfera, o ciclo do carbono e as condições climáticas do planeta.

No caso de Física, podem ser mobilizados conteúdos relacionados a gravitação e astronomia para entender a dinâmica orbital de satélites, sondas e naves espaciais, bem como para conhecer os instrumentos e as técnicas para detecções e observações de novas estrelas, planetas e galáxias, entre outras possibilidades.

É possível ainda articular essa atividade com o componente Matemática a fim de utilizar, por exemplo, modelos matemáticos que permitam fazer cálculos para chegar a lugares fora da Terra ou mesmo do Sistema Solar, projetando trajetórias e o tempo de duração da viagem.

Outro aspecto a ser considerado são as crenças que os estudantes têm sobre o início da vida no planeta. A multiplicidade cultural dos sujeitos envolve múltiplas formas de interpretação sobre a origem da vida no planeta

Terra, o que implica os professores lidarem não só com diferentes teorias sobre a origem das espécies, mas também com diferentes perspectivas religiosas ou cosmogonias, por exemplo.

Sabemos que essa nem sempre é uma tarefa fácil; por isso, insistimos no trabalho coletivo entre professores. Os estudos sociais sobre essa questão podem ser valiosos para a ampliação do repertório que os professores disporão para abordar a questão. As contribuições de História, Filosofia e Sociologia ajudam significativamente os professores de Física nessa tarefa.

Assim, defendemos que a aprendizagem de conteúdos adquire significado para o estudante quando as diferentes áreas do conhecimento contribuem para dar uma resposta integral aos problemas reais que o cerca. Para contribuir com esse desafio, a BNCC propõe a abordagem de Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) associados às situações vivenciadas pelos estudantes, nos quais se evidencie a articulação dos conteúdos curriculares. Esses temas buscam respeitar as características regionais e locais, culturais e econômicas dos estudantes. Desse modo, foram propostos quinze temas, agrupados em seis macroáreas temáticas que são: Ciência e Tecnologia, Meio Ambiente, Economia, Saúde, Cidadania e Civismo e Multiculturalismo.



No exemplo que abordamos, percebemos claramente a perspectiva do multiculturalismo embasando parte da proposta (não apenas ao considerarmos diferentes cosmogonias, mas também em abriremos a possibilidade para a emergência de diferentes crenças sobre a existência de vida em outros planetas ou sobre a veracidade do homem já ter chegado à Lua), ainda que esse TCT não esteja contemplado explicitamente como conteúdo a ser discutido com os estudantes. É dessa forma que os TCTs foram incorporados nas atividades que propusemos ao longo da obra, como “pano de fundo”, como ponte com a vivência do estudante, demandante de articulações entre conteúdos, componentes curriculares e áreas de conhecimento.

Nesse exemplo, não apresentamos o detalhamento de como o professor de Física deve conduzir os estudos em sala de aula, visto que nosso foco foram as possibilidades de articulações da Física com outros componentes curriculares. Mas, nas atividades compartilhadas na sequência dos capítulos deste livro, apresentamos um detalhamento que objetiva ajudá-lo no planejamento concreto de aulas de Física que levem ao desenvolvimento do conjunto de competências e habilidades propostas na BNCC para a área de CNT.

No **Capítulo 1**, sugerimos um conjunto de dez atividades, distribuídas em três blocos, nos quais se objetiva o desenvolvimento, principalmente, das habilidades 201, 205, 301, 302, 303 e 304, ligadas às competências 2 e 3 da área de Ciências da Natureza.

Nesse capítulo, os TCTs Ciência e Tecnologia, Diversidade Cultural e Trabalho foram contemplados na articulação da Física com os componentes de História, Filosofia, Química e Língua Portuguesa.

No **Capítulo 2**, as sete atividades propostas foram organizadas também em três blocos, nos quais articulamos Física com Arte, Biologia, Química e Matemática, embasados pelos TCTs Saúde, Educação Ambiental e Ciência e Tecnologia.

Com as atividades propostas no Capítulo 2, buscamos mobilizar principalmente o desenvolvimento das habilidades 101 e 302, específicas para a área de CNT.

O **Capítulo 3** foi dedicado às questões **Aprender física para quê? Ensinar física para quem?** Nele construímos dois blocos, contendo um total de cinco atividades, que podem mobilizar tanto competências gerais para o Ensino Médio, como as três competências específicas da área de CNT. As habilidades priorizadas nesse capítulo foram 101 e 106, 203 e 206, 301, 305, 308, 309 e 310.

As atividades sugeridas nesse capítulo articulam Física com História e Cidadania, sendo fortemente embasadas nos TCT Educação Ambiental, Ciência e Tecnologia, Educação para o Consumo, Trabalho, Diversidade Cultural, Vida Social e Familiar.

O **Capítulo 4** dedica-se à articulação entre Física e Tecnologia. Nele apresentamos nove propostas de atividades experimentais para serem desenvolvidas de forma presencial, virtual ou remota. As atividades estão organizadas em dois blocos e priorizam a mobilização da terceira competência da área de CNT, especificamente, objetivando o desenvolvimento das habilidades 301, 302, 303, 306 e 308.

O Tema Contemporâneo Transversal Ciência e Tecnologia é o grande articulador das atividades propostas, estando também presente na base dos demais capítulos.

Cabe ressaltar, como fechamento deste Prefácio, que não tivemos a intenção de contemplar todos os conteúdos de Física a serem ensinados no Ensino Médio, tampouco de esgotar as possibilidades de exploração das atividades propostas. Reafirmamos que elas objetivam apenas inspirar professores que estejam abertos a novas experiências didáticas para que possam revesti-las de significados próprios nos mais diversos contextos que compõem o multicultural quadro da educação escolar brasileira.

Quadros-síntese

*O tempo mínimo apontado se refere à projeção para o desenvolvimento a ser feito em aulas de Física, mas muitas das atividades propostas são interdisciplinares, de maneira que os professores das diferentes disciplinas envolvidas deverão organizar/planejar o tempo para cada atividade de forma conjunta, fazendo as adaptações para seus contextos específicos.

■ Quadro-síntese do Capítulo 1

| Atividade | Objeto | Estratégias, recursos e materiais | Tempo mínimo* |
|--|---|--|---------------|
| Pesquisa e júri simulado | Problematizar uma das perguntas fundamentais da humanidade relativas à constituição da matéria: Do que é feito o Universo? | Possibilidade de trabalho interdisciplinar com História e Filosofia. Pesquisa de dados históricos (na internet, em materiais textuais, audiovisuais ou outros). Desenvolvimento de tarefa em grupo. Realização de um júri simulado com debate entre os estudantes. | 2 aulas |
| Tabela Periódica | Abordar diferentes modelos construídos ao longo da história na tentativa de formar um quadro dos elementos químicos conhecidos. | Possibilidade de trabalho interdisciplinar com História e Química. Pesquisa de dados históricos (na internet, em materiais textuais, audiovisuais ou outros). Uso de um jogo de análise comparativa como instrumento de avaliação. | 1 aula |
| O efervescente século XIX | Discutir o modelo atômico de Thomson e o experimento de Rutherford. | Possibilidade de trabalho interdisciplinar com Química. Apresentações sobre modelos atômicos. | 2 aulas |
| O recente século XX | Estudar a descoberta das partículas elétron e fóton. | Pesquisa de dados históricos (na internet, em materiais textuais, audiovisuais ou outros). Identificação do funcionamento de televisões de tubo. | 2 aulas |
| A descoberta do méson pi | Discutir a descoberta do méson pi e a participação da ciência brasileira no processo. | Possibilidade de trabalho interdisciplinar com História, Língua Portuguesa e Língua Inglesa. Pesquisa de dados históricos (na internet, em materiais textuais, audiovisuais ou outros). Análise comparativa de texto acadêmico e texto de divulgação científica. | 2 aulas |
| Linha do tempo de detecção de partículas | Estudar a evolução da descoberta de diferentes partículas no século XX. | Possibilidade de trabalho interdisciplinar com História. Pesquisa de dados históricos (na internet, em materiais textuais, audiovisuais ou outros). Construção coletiva de linha do tempo. | 1 aula |
| Viagem virtual | Discutir os processos de detecção das partículas e construir uma câmara de nuvens. | Visita a grandes laboratórios por meio de plataformas virtuais. Construção de um aparato para identificação de raios cósmicos com caixa de vidro, fita de LEDs e gelo-seco. | 3 aulas |

Continua

Continuação

| Atividade | Objeto | Estratégias, recursos e materiais | Tempo mínimo* |
|--|---|--|---------------|
| Modelo Padrão das partículas elementares | Apresentar e discutir características do Modelo Padrão das partículas elementares. | Uso de jogos educativos (cartas e dados). Análise de materiais de divulgação científica. | 1 aula |
| Competências gerais do Ensino Médio | <p>1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.</p> <p>5. 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 disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.</p> | | |
| Competências específicas da área de CNT | <p>CNT2: Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.</p> <p>CNT3: Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p> | | |
| Habilidades específicas da área de CNT | <p>(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.</p> <p>(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.</p> <p>(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p> <p>(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.</p> <p>(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.</p> <p>(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.</p> | | |

Continua

Sugestões de leitura:

- BASSALO, J. M. F. As partículas estranhas e as ressonâncias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 3, 1981.

O artigo trata da evolução da detecção das partículas nos anos 1950 e 1960 e da participação de pesquisadores brasileiros nessa empreitada da Física de Partículas.

- BRASIL. Ministério das Ciências, Tecnologia e Inovações. **Há 70 anos, artigo revelava ao mundo a existência do píon**. Disponível em: <<http://cbpf.br/pt-br/ultimas-noticias/ha-70-anos-artigo-revelava-ao-mundo-a-existencia-do-pion>> . Acesso em: 30 nov. 2020.

Versão do texto publicado originalmente na **Revista Pittacos**, que discute o impacto da descoberta do méson pi na ciência brasileira na década de 1940.

- GRUPO de História, teoria e ensino de Ciências. **César Lattes e os 50 anos do méson pi**. Disponível em: <<http://www.ghtc.usp.br/meson.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

O texto discute a importância da descoberta do méson pi para a compreensão do mundo subatômico. Na página da *web*, encontra-se o *link* para acesso ao primeiro artigo de César Lattes sobre a descoberta do méson pi, na revista **Nature**.

- LAGANÁ, C. Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 3302, 2011.

A construção de uma câmara de nuvens está descrita de forma detalhada, de forma que o professor poderá reproduzir a montagem do aparato, como está no artigo.

- LATTES, C. M. G.; MUIRHEAD, H.; OCCHIALINI, G. P. S.; POWELL, C. F. *Processes involving charged mesons*, **Nature**, 159, p. 694-697, 1947.

Esse é o primeiro artigo publicado por César Lattes sobre mésons carregados. É uma referência fundamental para se compreender o processo científico e histórico sobre a descoberta do píon.

- LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. J. THOMSON e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o “pudim de passas” nos livros texto. *In: Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, 2009.

O artigo discute o uso das analogias num tema importante para a formação dos estudantes no que se refere aos conhecimentos sobre a estrutura da matéria. O professor pode utilizá-lo para planejar a apresentação do modelo do “pudim de passas” de Thomson para os estudantes.

- TAVARES, O. **Ernest Rutherford e o Átomo Nuclear**. Disponível em: <http://cbpfindex.cbpf.br/publication_pdfs/cs00211.2011_01_10_13_57_15.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2020.

Segundo o autor, o artigo foi escrito com o espírito de comemoração do centenário da descoberta do núcleo atômico, a qual deu início a uma grande revolução científica e tecnológica que vem proporcionando dias melhores para o homem da atualidade.

- TOLENTINO, M.; ROCHA FILHO, R.; CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos, **Química Nova**, v. 1, n. 20, 1997.

O artigo discute a evolução histórica dos modelos sobre a classificação dos elementos químicos até a apresentação da proposta de Mendeleiev para a tabela periódica. O trabalho discute como esses modelos se desenvolveram.

- VIEIRA, C. L. O centro de todas as coisas. Um século da descoberta do núcleo atômico. **Física na Escola**, v. 12, n. 2, 2011.

O autor discorre sobre a vida de Ernest Rutherford, cuja descoberta do núcleo atômico – como ele o batizou – iniciou uma nova etapa em uma das mais belas aventuras do conhecimento humano: a resposta à pergunta simples e milenar “De que são feitas as coisas?”.

| | |
|-------------------------------|--|
| Bibliografia comentada | <p>Sugestões de visita virtual:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MUSEU do Laboratório Cavendish. Disponível em: <http://www.cambridgephysics.org/museum/tour.htm>. • CERN. Large Hadron Collider – LHC. Disponível em: <https://home.cern/science/accelerators/large-hadron-collider>. <p>Acessos em: 30 nov. 2020.</p> <p>Sugestões de cursos sobre física de partículas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SPRACE. <i>Workshop</i> sobre Física de Partículas. Disponível em: <https://sprace.org.br/index.php/education-outreach/masterclass/>. • UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Física. Física de Partículas no Ensino Médio: subsídios para professores. Disponível em: <https://portal.if.usp.br/extensao/pt-br/encontro-usp-escola-0>. Acesso em: 26 out. 2020. <p>Sugestão de página sobre dados/características das partículas elementares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PARTICLE Data Group. Disponível em: <https://pdg.lbl.gov/>. Acesso em: 30 nov. 2020. <p>Sugestão de jogo sobre partículas elementares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CERN. International Particle Physics Outreach Group. Disponível em: <http://ippog-static.web.cern.ch/ippog-static/resources/2011/quark-card-game.html>. Acesso em: 30 nov. 2020. |
|-------------------------------|--|

■ Quadro-síntese do Capítulo 2

| Atividade | Objeto | Estratégias, recursos e materiais | Tempo mínimo* |
|--|---|---|---------------|
| Identificação de simetrias – visitando um museu de artes plásticas | Estudar as simetrias a partir da observação de quadros, esculturas ou imagens. | Possibilidade de trabalho interdisciplinar com Arte e Matemática. Visita presencial ou virtual a um museu ou centro de artes. Desenvolvimento de tarefa individual, em grupo ou com a comunidade escolar. | 1 aula |
| Exploração de figuras planas e sólidos geométricos – utilizando o <i>software</i> GeoGebra | Construir (em sala de aula) figuras geométricas para identificar eixos de simetria. Utilizar <i>software</i> para construir figuras geométricas e estudar as simetrias. | Uso de material para a elaboração de figuras geométricas. Uso de <i>software</i> para a criação de imagens. Desenvolvimento de atividade em grupo. | 1 aula |
| Avaliação de conteúdos de Física e Biologia | Identificar o tipo de simetria presente em diferentes plantas, os eixos de simetria, a denominação dada a cada planta de acordo com o tipo de simetria. | Possibilidade de trabalho interdisciplinar com Biologia. Levantamento da flora local e regional, consulta a livros, leitura de artigos, pesquisa na internet. Trabalho coletivo. | 2 aulas |

Continua

Continuação

| Atividade | Objeto | Estratégias, recursos e materiais | Tempo mínimo* |
|--|--|--|---------------|
| Avaliação de conteúdos de Física e Química | Analisar diferentes formatos e características químicas de estruturas moleculares. Estudar como as simetrias das estruturas se relacionam com as características químicas. | Possibilidade de trabalho interdisciplinar com Química. Pesquisa na Internet e leitura de artigos. Trabalho em grupo. | 2 aulas |
| Recortes da história da Física e da Matemática | Conhecer elementos da história da simetria a partir do trabalho de dois cientistas. Relacionar as simetrias com as leis de conservação. | Experimentação presencial e uso de <i>software</i> de simulação. Elaboração de hipóteses. Trabalho em grupo. | 2 aulas |
| Conservação do momento linear – laboratório presencial e laboratório virtual | Reconhecer características do momento linear e sua conservação. | Experimentação presencial e uso de <i>software</i> de simulação. Elaboração de hipóteses. Trabalho em grupo. | 2 aulas |
| Preservação ambiental – obrigação de todos | Avaliar conhecimentos de Física e de Matemática. Ampliar a conscientização e planejar ações para prevenção da poluição do ar, do solo e da água. | Resolução de situação-problema. Possibilidade de trabalho interdisciplinar com Matemática. Trabalho em grupo. Coleta de dados com comunidade do entorno da escola. | 1 aula |
| Competências gerais do Ensino Médio | <ol style="list-style-type: none"> 2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. 3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural. 5. 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 disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. 7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. 10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários. | | |

Continua

| | |
|---|---|
| <p>Competências específicas da área de CNT</p> | <p>CNT1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p> <p>CNT2: Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.</p> <p>CNT3: Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p> |
| <p>Habilidades específicas da área de CNT</p> | <p>(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.</p> <p>(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.</p> <p>(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.</p> <p>(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.</p> <p>(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.</p> |
| <p>Bibliografia comentada</p> | <p>Sugestões de leitura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ANSTEY, P.; JALOBEANU, D. Vanishing Matter and the Laws of Nature: Descartes and Beyond. New York: Routledge, 2010. • ARONS, A. B.; BORK, A. M. Newton's Laws of Motion and the 17th Century Laws of Impact. American Journal of Physics, v. 32, 313, 1964. • DESCARTES, R. Princípios de Filosofia. 3. ed. Curitiba: Hemus, 2008. <p>As três obras acima abordam o surgimento da simetria na Filosofia e como esse conceito ganhou importância nos estudos das Ciências Naturais.</p> <ul style="list-style-type: none"> • KUHN, T. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 2017. <p>Essa é uma das obras mais interessantes sobre o desenvolvimento da Ciência, na qual o autor propõe uma análise detalhada, considerando os paradigmas da Ciência e sua superação.</p> <ul style="list-style-type: none"> • LIMA, T. P. <i>et al.</i> Áreas susceptíveis a contaminação por agrotóxicos em trecho da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, Piauí (Brasil). Revista Espacios, v. 38, n. 42, 2017. <p>Os autores desenvolvem um estudo incluindo a simulação do risco por contaminação por agrotóxico para uma região do estado do Piauí.</p> <ul style="list-style-type: none"> • REZENDE, G.; AMAURO, N. Q.; RODRIGUES FILHO, G. Desenhando Isômeros Ópticos. Química Nova na Escola, v. 38, n. 2, p. 133-140, 2016. |

Continuação

| | |
|-------------------------------|--|
| Bibliografia comentada | <p>Nesse artigo os autores exploram as simetrias presentes nas moléculas, em uma abordagem que pode ser utilizada como material de apoio no desenvolvimento da atividade proposta em colaboração com o professor de Química.</p> <p>Sugestão de software:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GEOGEBRA. Disponível em: <https://www.geogebra.org/?lang=pt>. Acesso em: 4 dez. 2020. <p>Sugestões de laboratórios remotos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • VIRTUAL Instrument Systems. <i>In Reality</i>(VISIR). Disponível em: <http://www2.isep.ipp.pt/visir/>. • UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos – Relle. Disponível em: <http://relle.ufsc.br/labs>. • REAL laboratories, on the Internet. Disponível em: <https://labsland.com/en/labs>. Acessos em: 4 dez. 2020. <p>Sugestões de laboratórios virtuais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LABORATÓRIO didático virtual da Escola do Futuro da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.labvirt.fe.usp.br/indice.asp>. • UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER. PhET Interactive Simulations. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>. • UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Faculdade de Física. Laboratório virtual. Disponível em: <http://www.facfis.ufpa.br/node/35>. • SHARING and Authoring Platform. Disponível em: <https://www.golabz.eu/>. • VIRTUAL Lab Física. Disponível em: <https://virtuallab.pearson.com.br/Laboratorios/Fisica>. Acessos em: 4 dez. 2020. |
|-------------------------------|--|

■ Quadro-síntese do Capítulo 3

| Atividade | Objeto | Estratégias, recursos e materiais | Tempo mínimo* |
|--|---|--|---------------|
| O caminho da eletricidade | Estudar a conversão de energia mecânica em energia elétrica, o processo de transformação e de distribuição de energia elétrica e seu uso pelos consumidores, estudar os impactos socioambientais da geração de energia. | Uso de questões investigativas. Entrevista com colegas, familiares e moradores da cidade. Pesquisa na biblioteca da cidade. Visita a centros administrativos. Pesquisa na internet. Leitura de artigos. Elaboração de vídeo. | 2 aulas |
| Projetos para redução do consumo de energia elétrica | Estudar circuitos elétricos e desenvolver ações para redução do consumo de energia elétrica na escola e na residência dos estudantes. | Construção de um circuito elétrico com uso de fios, lâmpada e pilha. Análise de conta de consumo de energia elétrica. Análise de selo de qualidade de consumo de energia elétrica de aparelho eletrodoméstico. | 2 aulas |

Continua

Continuação

| Atividade | Objeto | Estratégias, recursos e materiais | Tempo mínimo* |
|---|---|--|----------------------|
| O experimento de Oersted | Discutir e realizar a experiência de Oersted. | Apresentação de vídeo. Atividades de demonstração, formulação de hipóteses e discussão. | 2 aulas |
| O motor elétrico | Construir um motor elétrico e problematizar sua invenção, funcionamento e evolução. | Apresentação de vídeo. Atividade experimental de investigação. Pesquisa na internet. | |
| A indução eletromagnética | Discutir e realizar a experiência da indução eletromagnética. Discutir a formalização dos fenômenos eletromagnéticos por diversos cientistas. | Apresentação de vídeo. Atividade experimental de investigação, formulação de hipóteses, discussão. | |
| Levantamento diagnóstico | Discutir a presença de cientistas mulheres atuando no cenário brasileiro e mundial. | Roda de conversa. Pesquisa na internet. | 1 aula |
| Cientistas brasileiras | Discutir a participação de cientistas brasileiras na produção científica no Brasil. | Pesquisa na internet. Leitura de textos de revistas científicas e de jornais. Debates. | |
| O prêmio Nobel como ponte entre Marie Curie e Andrea Ghez | Estudar as contribuições de duas cientistas ganhadoras do Prêmio Nobel em Física. | Pesquisa na internet. Leitura de artigos, jornais e livros. Roda de conversa. | 1 aula |
| Exposição para a comunidade escolar | Discutir o papel das meninas na ciência e as contribuições das mulheres para o desenvolvimento científico. | Produção de material para comunicação visual. Leitura de artigos. Apresentação oral e painel. | 2 aulas |
| Competências gerais do Ensino Médio | <ol style="list-style-type: none"> 1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva. 6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais, apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade. 9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, suas identidades, suas culturas e suas potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza. 10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários. | | |

Continua

Continuação

| | |
|---|---|
| <p>Competências específicas da área de CNT</p> | <p>CNT1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p> <p>CNT2: Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.</p> <p>CNT3: Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p> |
| <p>Habilidades específicas da área de CNT</p> | <p>(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.</p> <p>(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.</p> <p>(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.</p> <p>(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.</p> <p>(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p> <p>(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.</p> <p>(EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.</p> <p>(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.</p> <p>(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.</p> |

Continua

| | |
|--------------------------------------|---|
| <p>Bibliografia comentada</p> | <p>Sugestões de leitura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CRAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. Revista Brasileira de Ensino de Física, volume 29, n. 1, p. 41-51, 2007. <p>Para auxiliar na elaboração de atividades sobre eletromagnetismo, em especial sobre a experiência de Oersted, os autores descrevem detalhadamente esse experimento e possíveis alternativas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • DIAS, V. S.; MARTINS, R. A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004. <p>O artigo discute a trajetória de Michael Faraday, desde os anos em que iniciou seu trabalho junto a uma livraria e posteriormente integrou o Royal Lab., onde trabalhou por mais de 30 anos, desenvolvendo diversos experimentos que contribuíram de forma determinante para a elaboração da teoria eletromagnética.</p> <ul style="list-style-type: none"> • DOPPELBAUER, M. The invention of the electric motor 1800-1854. Disponível em: <https://www.eti.kit.edu/english/1376.php>. Acesso em: 1º dez. 2020. <p>O material publicado em inglês, na página do Karlsruhe Institute of Technology, apresenta as contribuições de diversos cientistas para o desenvolvimento dos motores elétricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • FREIRE, P.; FAUNDEZ, A. Por uma pedagogia da pergunta. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985. <p>Para a formação do professor no sentido de construir o conhecimento e promover a construção do conhecimento junto a seus estudantes, de forma que esse conhecimento tenha significado e possa servir de elemento de análise da realidade onde vivem.</p> <ul style="list-style-type: none"> • HUNT, B. J. Os seguidores de Maxwell. Trad. Antônio Emílio Angueth de Araújo. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2015. <p>Para saber mais sobre o desenvolvimento da teoria eletromagnética, particularmente, sobre o desenvolvimento da síntese nas quatro equações de Maxwell.</p> <ul style="list-style-type: none"> • LIMA, B. S.; BRAGA, M. L. de S.; TAVARES, I. Participação das mulheres nas ciências e tecnologias: entre espaços ocupados e lacunas. Revista Gênero, v. 16, n. 1, 2015. <p>A partir de dados do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), o artigo discute a participação das mulheres na ciência e tecnologia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • MENEZES, D. <i>et al.</i> A física da UFSC em números: evasão e gênero. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 1, p. 324-336, 2018. <p>O artigo apresenta um estudo sobre o curso de Física, analisando a evasão, ressaltando o ponto de vista do gênero.</p> <ul style="list-style-type: none"> • QUINN, S. Marie Curie: uma vida. São Paulo: Scipione, 1997. <p>O livro é uma biografia de Marie Curie e aborda sua trajetória como cientista e como mulher no mundo da Física, ciência na qual predominam os homens, relatando aspectos pessoais da cientista, adversidades e a conquista de dois prêmios Nobel.</p> <ul style="list-style-type: none"> • WOLFF, J. O motor elétrico: uma história de energia, inteligência e trabalho. Jaraguá do Sul-SC: Ed. da Unerj, 2004. Disponível em: <https://issuu.com/weg_net/docs/livro_motor_eletrico>. Acesso em: 1º dez. 2020. <p>Publicado em português, o professor poderá encontrar imagens e texto que o auxiliarão na elaboração de material para a discussão sobre motores elétricos.</p> |
|--------------------------------------|---|

Continua

Continuação

| | |
|-------------------------------|---|
| Bibliografia comentada | <p>Sugestões de páginas sobre dados da rede de energia elétrica do país:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Resenha energética brasileira (ano base 2019). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/>. Acesso em: 1º dez. 2020. • OPERADOR Nacional do Sistema Elétrico – NOS. Disponível em: <http://www.ons.org.br>. Acesso em: 1º dez. 2020. <p>Sugestão de vídeo sobre eletromagnetismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O VISIONÁRIO da eletricidade (temporada 1, ep.10). <i>In</i>: Cosmos [seriado]. Direção: Bill Pope. Produção: Livia Hanich; Steven Holtzman. Estados Unidos: Cosmos Studios e Fuzzy Door Productions, 2014. 1 vídeo (39 min 43 s). <p>Sugestões de materiais que tratam da presença de mulheres na ciência:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponível em: <https://www.nobelprize.org/womenwhochangedscience/stories>. • Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/gt-genero/images/arquivos/Mulheres_Pioneiras_/livro-mulheres-na-fisica.pdf>. • Disponível em: <http://www.revistahcsm.coc.fiocruz.br/1902-pierre-e-marie-curie-isolam-o-elemento-radio>. • Disponível em: <http://www.revistahcsm.coc.fiocruz.br/a-educadora-marie-curie/>. <p>Acessos em: 1º dez. 2020.</p> |
|-------------------------------|---|

■ Quadro-síntese do Capítulo 4

| Atividade | Objeto | Estratégias, recursos e materiais | Tempo mínimo* |
|--------------------|---|---|---------------|
| Pêndulo de Newton | Discutir os conhecimentos dos estudantes sobre cinemática, a construção de hipóteses e explicações sobre o movimento. | Construção de aparato experimental. Formulação de hipóteses. | 1 aula |
| Circuito elétrico | Verificar a proporcionalidade entre as magnitudes de cada grandeza envolvida em uma modelagem matemática, compreender o papel das cargas elétricas no transporte de energia elétrica. | Montagem de circuito elétrico. Uso do multímetro. Modelagem matemática. | 1 aula |
| Indução de Faraday | Estudar a geração de corrente elétrica a partir da variação em um campo magnético. | Montagem experimental. | 1 aula |

Continua

Continuação

| Atividade | Objeto | Estratégias, recursos e materiais | Tempo mínimo* |
|---|---|---|----------------------|
| Primeiro acelerador de partículas – viagem no tempo guiada pelo professor | Discutir o funcionamento dos aceleradores na detecção de partículas. | Pesquisa na internet, leitura de artigos, visita virtual. | 2 aulas |
| Aceleradores de partículas em casa – por dentro de uma televisão de tubo | Discutir os principais aspectos de um aparelho de televisão de tubo de raios catódicos. | Consulta e entrevista a técnicos em eletrônica. | |
| Os grandes aceleradores de partículas – LINAC, LHC, LNL (Sirius) | Pesquisar sobre aceleradores lineares em funcionamento e as aplicações na área de saúde. | Pesquisa na internet, leitura de artigos. | 1 aula |
| Mesa de rastros | Discutir como as partículas são identificadas num detector, estudar o movimento de cargas elétricas na presença de campo magnético. | Construção de um aparato de demonstração. | 1 aula |
| Seção de choque e largura de decaimento | Discutir conceitos relacionados com a detecção de partículas elementares. | Experimento demonstrativo, exploratório, dinâmico e lúdico. | 1 aula |
| Ondas eletromagnéticas – caracterização e blindagem | Discutir as características básicas de uma onda eletromagnética. | Pesquisa na internet. Uso de <i>software</i> de simulação. | 2 aulas |
| Gaiola de Faraday | Discutir como bloquear ondas eletromagnéticas. | Experimento demonstrativo com uso de aparelho celular. | 1 aula |
| Transmissão de calor – processo de condução e análise comparativa | Estudar a propagação do calor por condução em barras metálicas. | Construção de aparato experimental. Uso de plataforma de laboratório remoto. | 1 aula |
| Plano inclinado – comparando atividade presencial, remota e virtual | Estudar o movimento de um objeto num plano inclinado. | Construção de aparato experimental. Pesquisa na internet. Uso de <i>software</i> de simulação. Uso de plataforma de laboratório remoto. | 2 aulas |

Continua

Continuação

| | |
|---|--|
| <p>Competências gerais do Ensino Médio</p> | <p>2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.</p> <p>3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.</p> <p>5. 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 disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.</p> |
| <p>Competências específicas da área de CNT</p> | <p>CNT1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p> <p>CNT3: Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).</p> |
| <p>Habilidades específicas da área de CNT</p> | <p>(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.</p> <p>(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.</p> |
| <p>Bibliografia comentada</p> | <p>Sugestões de leitura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003. <p>Nesse artigo são analisados trabalhos sobre a utilização da experimentação como estratégia de ensino de Física. São analisados diferentes aspectos metodológicos relacionados com as propostas de atividades experimentais, como a ênfase em matemática empregada, o grau de direcionamento das atividades, o uso de novas tecnologias e a relação com o cotidiano.</p> <ul style="list-style-type: none"> • BELLUCO, A; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014. <p>Nesse artigo são discutidos diversos detalhes sobre a atividade investigativa utilizando o pêndulo de Newton.</p> |

Continua

**Bibliografia
comentada**

- NEVES, M. C. D. *et al.* Galileu fez o experimento do plano inclinado?. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n.1, 2008.

Nesse artigo, os autores descrevem os resultados que obtiveram fazendo o experimento com o plano inclinado, utilizando quatro instrumentos diferentes para fazer medida do tempo de queda, pulso cardíaco, pêndulo, relógio de água e cronômetro digital.

- PARREIRA, J. E. Um curso de Mecânica com o uso do programa de vídeoanálise Tracker.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 3, p. 980-1 003, 2018. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p980>>. Acesso em: 1º dez. 2020.

Nesse artigo, o autor discute o uso do *software* Tracker como recurso para vídeoanálise de dados experimentais.

Sugestão de laboratório remoto:

- VIRTUAL Instrument Systems. *In: Reality(VISIR)*. Disponível em: <<http://www2.isep.ipp.pt/visir/>>.

Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos – Relle – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://relle.ufsc.br/labs>>.

Acessos em: 1º dez. 2020.

Sugestão de vídeos de experimentos de demonstração:

- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Portal de videoaulas**. Disponível em: <<http://eaulas.usp.br/>>. Acesso em: 1º dez. 2020.

Acesso em: 1º dez. 2020.

Sugestões de visitas virtuais ou presenciais:

- CERN. **Large Hadron Collider** – LHC. Disponível em: <<https://home.cern/science/accelerators/large-hadron-collider>>.

- NATIONAL Accelerator Laboratory – SLAC. Disponível em: <<https://www6.slac.stanford.edu/>>.

- LABORATÓRIO Nacional de Luz Síncrotron – SIRIUS. Disponível em: <<https://www.lnls.cnpm.br/>>. Acesso em: 1º dez. 2020.

Sugestão de podcast:

- *Podcast* SMUPSC – Só mais um *podcast* sobre ciência. Disponível em: <<https://open.spotify.com/episode/52WrQy5d92T4AyDomA05xB?si=dXYGinZfQy2lvxlodoWaRw&>>. Acesso em: 4 dez. 2020.

Sugestões de laboratório virtual:

- UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER. **PhET Interactive Simulations**. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu>>.

- LABORATÓRIO virtual da Universidade de Boston. Disponível em: <<http://physics.bu.edu/~duffy/sims.html>>.

- LABORATÓRIO didático virtual da Escola do Futuro da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.labvirt.fe.usp.br/indice.asp>>.

Acessos em: 1º dez. 2020.

Sugestão de software para vídeoanálise de experimentos:

- SOFTWARE Tracker. Disponível em: <<http://physlets.org/tracker/>>. Acesso em: 1º dez. 2020.

Referências bibliográficas comentadas

1. BRASIL. MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2020.
2. BRASIL. MEC. **Temas Contemporâneos Transversais na BNCC. Propostas de Práticas de Implementação**. Brasília, DF: 2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2020.
3. BRASIL. MEC. Parecer CNE/CEB nº 15/1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1998/pceb015_98.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2020.
4. BRASIL. MEC. Parecer CNE/CP nº 11/2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/parecer_minuta_cne.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2020.
Documentos oficiais disponibilizados pelo Ministério da Educação e utilizados na concepção da obra.
5. BRASIL. IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**. IBGE, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/17270pnadcontinua.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 4 dez. 2020.
A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD Contínua – tem como objetivo acompanhar as variações trimestrais e a evolução da força de trabalho e outras informações necessárias para o estudo do desenvolvimento socioeconômico do Brasil.
6. CABRITO, B. G. **Avaliar a qualidade em educação: Avaliar o quê? Avaliar como? Avaliar para quê?** *Cad. Cedes, Campinas*, v. 29, n. 78, 2009.
O autor, após refletir sobre os sentidos da avaliação, se propõe a equacionar a ideia de que quando encetamos uma avaliação em educação, devemos ponderar sobre o processo utilizado para medir, sobre o destino e as motivações que a justificam.
7. CERQUEIRA, T. C. S. **O professor em sala de aula: reflexão sobre os estilos de aprendizagem e a escuta sensível**. *Psic. São Paulo*, v. 7, n. 1, p. 29-38, jun. 2006.
O trabalho propõe uma reflexão sobre os modos de aprender em contextos educacionais, focalizando o aprendente e o ensinante

em suas relações, considerando como ocorreria o processo ensino/aprendizagem se ambos praticassem na sala de aula o exercício da escuta sensível. O autor discute os estilos de aprendizagem e o que esse conhecimento pode trazer para o processo educativo.

8. FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

O livro apresenta uma reflexão sobre a relação entre educadores e educandos. Na obra são elaboradas propostas de práticas pedagógicas que desenvolvem a autonomia, a capacidade crítica e a valorização da cultura e os conhecimentos empíricos, orientadas por uma ética universal.

9. LORDELO, J. A. C.; DAZZANI, M.V. (org.). *Avaliação educacional: desatando e reatando nós*. Salvador: EDUFBA, 2009.

10. LUCKESI, C. C. *Filosofia da Educação*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

11. LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2014.

12. LUCKESI, C. C. *Sobre notas escolares: distorções e possibilidades*. São Paulo: Cortez, 2014.

13. LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem: componente do ato pedagógico*. São Paulo: Cortez, 2012.

14. LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e recriando a prática*. 2. ed. Salvador: Malabares, 2005.

15. OLIVEIRA, J. F.; SCAFF, E. A. S. (org.). *Regulação, avaliação e qualidade da educação: agendas e realidades locais*. Brasília: ANPAE, 2019. (Série Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Política e Administração da Educação).

Os textos de Lordelo e Dazzani, Luckesi, Oliveira e Scaff discutem características e funções da avaliação. Contemplam a função de diagnóstico da situação de aprendizagem, com o objetivo de definir ações para a melhoria da qualidade do desempenho dos estudantes. Também discutem o papel da avaliação em propiciar a autocompreensão do nível e das condições em que se encontram tanto o educando quanto o educador. Avaliar é entendido, nesses textos, como um processo dinâmico, inclusivo e democrático, na medida em que busca meios para que todos possam aprender o que é necessário para o próprio desenvolvimento.

A construção de conhecimentos científicos ontem, a pressão do ensino de Ciências hoje e as possibilidades do amanhã. O tempo não para

No Prefácio, começamos uma conversa sobre a importância de reconhecermos que não sabemos todos os conteúdos de Física. Também falamos sobre a pressão e a angústia que nós, professores, sentimos quando não sabemos responder às perguntas de nossos estudantes. Citamos uma situação muito recorrente de questionamentos sobre os temas de fronteira da Ciência, ou seja, sobre os conhecimentos produzidos mais recentemente, que parecem chegar aos estudantes por meio da internet, de filmes, séries de televisão e outros meios sobre os quais, muitas vezes, nada sabemos.

O tema Física de Partículas é um exemplo desse tipo de questionamento.

As partículas às quais os estudantes se referem nas aulas do Ensino Médio, não são apenas aquelas utilizadas no estudo de eletricidade, na Física, ou aquelas da configuração eletrônica dos elementos da Tabela Periódica, na Química.



Os prótons, os nêutrons e os elétrons deixaram de ser partículas de interesse, perdendo lugar para os quarks, os grávitons e para a o Bóson de Higgs, a partícula mais comentada da atualidade.

O bóson de Higgs protagonizou os noticiários do país no início de julho de 2012 quando pesquisadores do CERN anunciaram sua provável detecção. Desde então, questões envolvendo a constituição da matéria, o início do Universo e os aceleradores de partículas têm sido discutidas em programas e séries de televisão, documentários e outros canais de comunicação.



Por um lado, é bom vermos os estudantes interessados em Ciência, fazendo perguntas sobre o que viram e ouviram em canais de divulgação científica. Por outro lado, a formação dos professores de Ciências da Natureza pouco contempla os aspectos relacionados às partículas que compõem a matéria. Em alguns casos, as partículas são parte de um conteúdo específico de alguma disciplina nos cursos de Licenciatura em Física e com menor frequência aparecem nos cursos de Química e Biologia.

OLHANDO AO REDOR

Você estudou as partículas elementares que compõem o Universo em seu curso de graduação? Pergunte aos demais professores da área de Ciências da Natureza da escola onde atua se eles tiveram essa oportunidade.

Que tal conhecer um pouco mais sobre esse assunto? Proponha a seus colegas de profissão que formem um grupo de estudos. No Prefácio, indicamos uma lista de materiais que podem servir de ponto de partida para essa tarefa.

A abordagem sobre partículas nos cursos de Licenciatura em Física normalmente está associada ao estudo de forças fundamentais da natureza e/ou à estrutura da matéria. Em alguns cursos do país, esses conteúdos são parte dos programas de disciplinas optativas.

Acreditamos que a oferta de disciplinas que abordem esses conteúdos deva aumentar nos próximos anos nos cursos de Licenciatura de Ciências da Natureza, inclusive para atender à necessidade de formar os professores visando desenvolver algumas competências e habilidades expressas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Para os professores que já são licenciados, o caminho é investir na formação continuada por meio da apropriação de materiais para estudo (como este que está lendo) e da participação em cursos.

AMPLIANDO CONHECIMENTOS

Existem diversos cursos espalhados pelo país que podem contribuir para seu desenvolvimento e aprimoramento. Citamos aqui dois cursos ministrados periodicamente no estado de São Paulo.

O *Workshop* sobre Física de Partículas é oferecido pelo São Paulo Research and Analysis Center (SPRACE):

- SPRACE. **International Masterclasses hands on particle physics**. Disponível em: <<https://sprace.org.br/index.php/education-outreach/masterclass/>>. Acesso em: 26 out. 2020.

O curso Física de Partículas no Ensino Médio: subsídios para professores. Oferecido durante os Encontros USP-Escolas:

- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Física. **Encontro USP escola**. Disponível em: <<https://portal.if.usp.br/extensao/pt-br/encontro-usp-escola-0>>. Acesso em: 26 out. 2020.

Temos atuado em cursos de formação continuada de professores e vamos partilhar com vocês algumas atividades que apresentamos nesses cursos. Elas foram elaboradas tendo os estudantes do Ensino Médio como público-alvo. Por meio delas, é possível fazer conexões entre Física de Partículas e várias áreas do conhecimento.

Nessas atividades, buscamos utilizar uma variedade de recursos que inclui materiais de base textual: reportagens publicadas em revistas de divulgação científica e jornais; materiais de base computacional: jogos eletrônicos e simuladores; materiais consumíveis de baixo custo: placas e bolinhas de isopor de diferentes tamanhos, miçangas, bolhas de sabão; e materiais permanentes: fita de LED, caixa de vidro, bambolês, jogos de cartas, dados, entre outros.

Atividades para o ensino de Física de Partículas Elementares



Os seres humanos sempre observaram a natureza em busca de respostas para compreender o Universo.

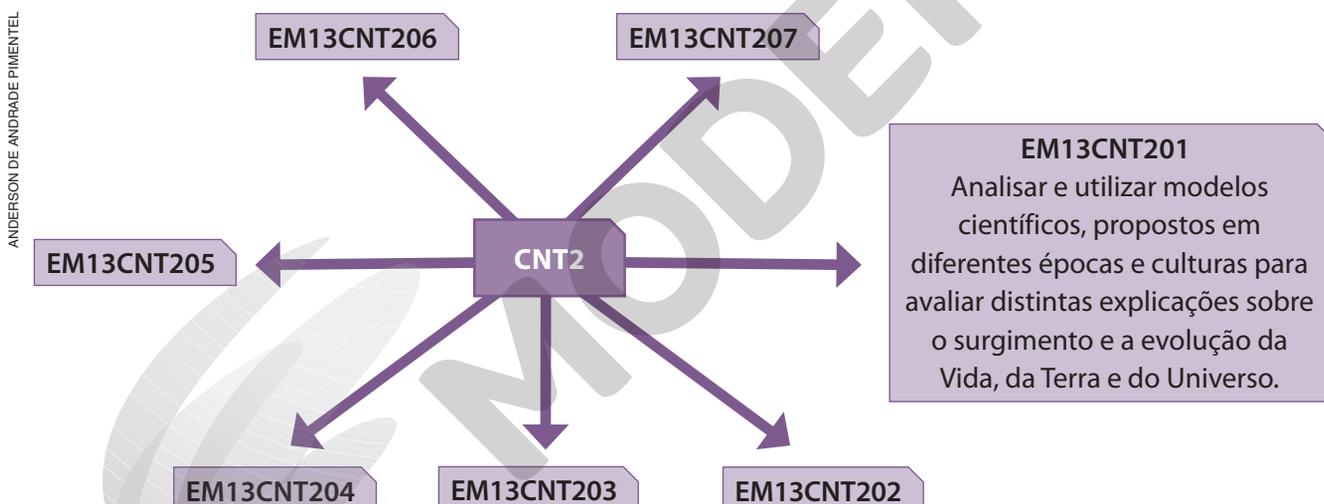
TEXTO ELABORADO PELOS AUTORES. IMAGEM: FRAMESTOCKFOOTAGES/SHUTTERSTOCK

Vamos partir de uma distinção clássica entre natureza e cultura apenas para designar aquilo que existe (ou existiu) no Universo, independentemente do fazer humano, e aquilo que é fruto da produção humana no (e sobre o) Universo. Com essa distinção, podemos entender que a Ciência faz parte da cultura e, portanto, é uma produção humana que carrega traços característicos da sociedade na qual se desenvolve.

Quando tratamos das Ciências da Natureza, percebemos a existência de uma forte articulação entre natureza e cultura, na medida em que a observação da natureza sempre foi (e será) uma grande fonte de dados, de inspiração e de motivação para o desenvolvimento de modelos e teorias.

Nesta área de conhecimento, os modelos e as teorias científicas têm como objetivo descrever a natureza da forma mais “adequada” e completa possível.

Conhecer modelos e teorias, entender em quais contextos foram construídos, consolidados e, eventualmente, “superados”, são habilidades fundamentais que permitem aos estudantes compreender a Ciência como uma atividade dinâmica, em constante desenvolvimento, como está colocado na habilidade EM13CNT201 da BNCC.



Neste capítulo, vamos abordar alguns desses modelos e algumas teorias que foram propostos com o objetivo de explicar a constituição da matéria no Universo. São modelos datados do período clássico da história grega (séc. V a.C.) até a Era Moderna. Entendemos que essa abordagem histórica permite aos estudantes que desenvolvam a percepção de que as “verdades” científicas não são absolutas, são provisórias e sofrem alterações à medida que os conhecimentos científicos evoluem, sendo ampliadas ou descartadas.

Organizamos a apresentação em três blocos, associados a diferentes períodos da história do desenvolvimento de modelos que tentaram responder à pergunta fundamental sobre a constituição da matéria: **do que todas as coisas são feitas?**

Atividade 1

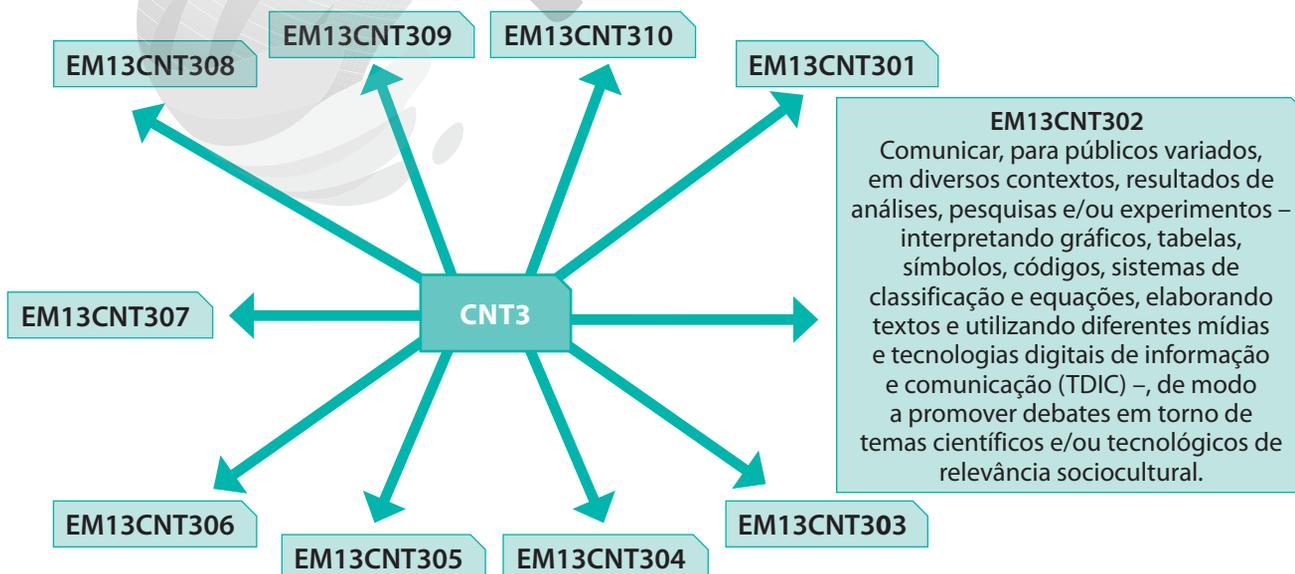
A atividade que vamos descrever é bastante simples, e você, professor, já pode ter realizado algo semelhante com outros temas.

Nessa atividade utilizamos a estratégia de júri simulado como parte final de uma sequência didática que se inicia com uma discussão sobre a melhor resposta já produzida pelos seres humanos para a pergunta: **do que todas as coisas são feitas?**

Tal questionamento pode ser feito em uma aula de Física, mas pode ser explorado de maneira mais ampla em uma atividade conjunta com os professores de Física e Filosofia ou Física e História. Se considerar oportuno, a experiência pode ser ainda melhor se envolver os professores dessas disciplinas.

Comece a atividade solicitando aos estudantes que pesquisem as teorias dos quatro elementos, bem como as teorias atomistas do período da Grécia Clássica. Essa atividade pode ser conduzida e avaliada por professores de História e Filosofia, que devem estabelecer critérios para direcionar as pesquisas, como a descoberta de informações pessoais acerca dos personagens encontrados, contexto histórico da época em que viveram, ligações possíveis entre as teorias propostas e outras escolas de pensamento, região geográfica de influência das teorias, entre outras possibilidades.

A pesquisa inicial pode ser feita de maneira individual ou coletiva e pode ser aproveitada para mobilizar as habilidades EM13CNT302 e EM13CNT303, apresentadas no esquema a seguir, que se referem à construção de estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações, à interpretação de textos de divulgação científica disponíveis em diferentes mídias e à comunicação de resultados de pesquisas para a promoção de debates.

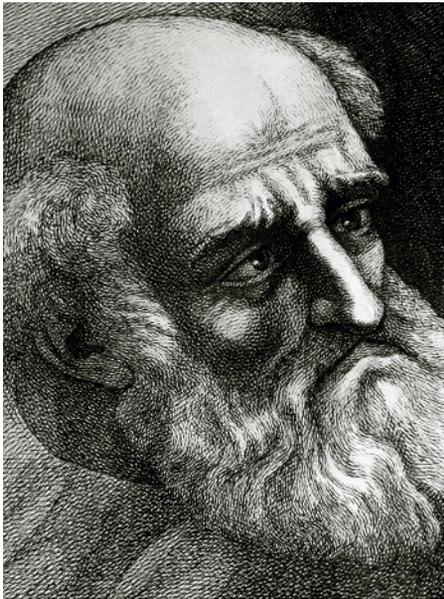


O importante é que os estudantes, ao final da pesquisa, consigam sistematizar, coletivamente, um conjunto de informações sobre diferentes teorias dos quatro elementos e sobre as primeiras teorias atomistas, incluindo, ao menos, dois modelos de cada grupo.

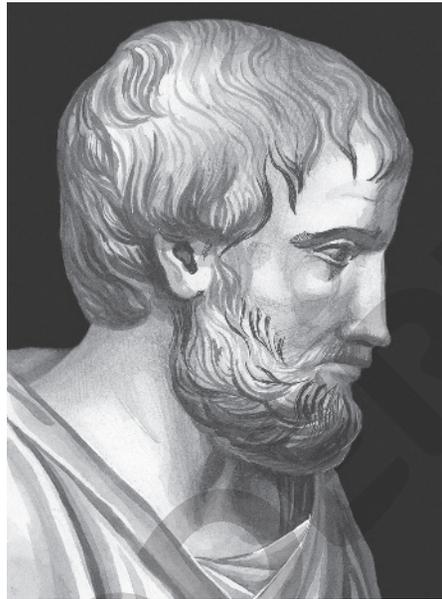
O papel dos professores de Física e de Filosofia, neste caso, é ajudar os estudantes a perceber características que aproximavam e diferenciavam tanto os modelos dos quatro elementos quanto os modelos atomistas.

Considere o exemplo dos modelos de Empédocles e Aristóteles (elementos) e de Demócrito e Epicuro (átomos).

PRISMA/UG/GETTY IMAGES



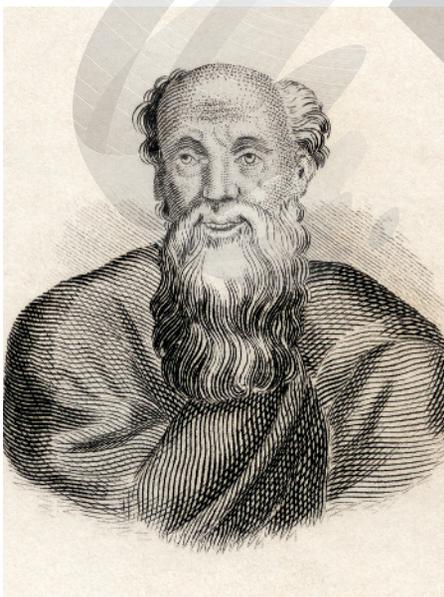
Empédocles foi um filósofo e pensador pré-socrático grego e cidadão de Agrigento, na Sicília.



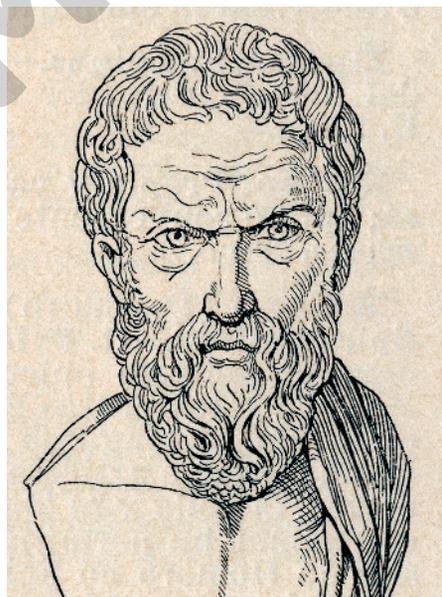
DENISKO/GETTY IMAGES

Aristóteles foi um filósofo grego durante o período clássico na Grécia Antiga, fundador da escola peripatética e do Liceu, aluno de Platão e professor de Alexandre, o Grande.

KEN WELSH/DESIGN PICS/CORBIS/GETTY IMAGES



Demócrito de Abdera foi um filósofo pré-socrático da Grécia Antiga.



UNIVERSAL HISTORY ARCHIVE/UNIVERSAL IMAGES/GETTY IMAGES

Epicuro de Samos foi um filósofo grego do período helenístico.

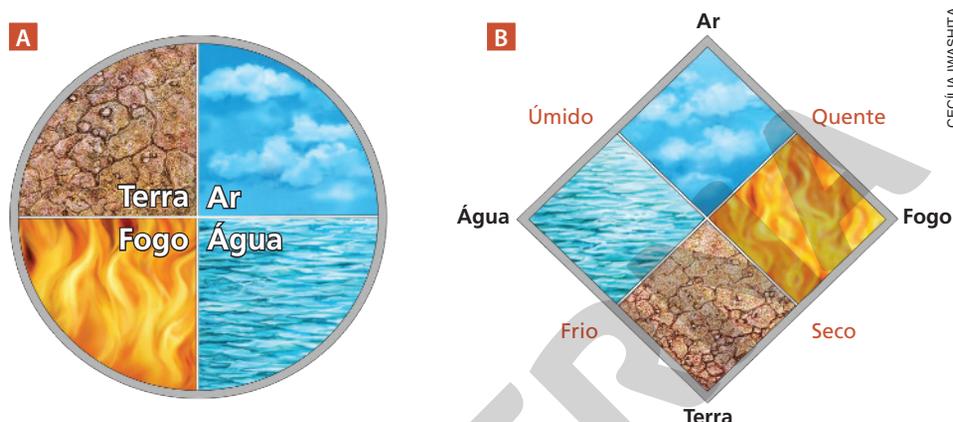
COMPLEMENTANDO

Incentive os estudantes a pesquisar dados biográficos sobre esses personagens da história da Ciência e aproveite o material encontrado por eles para ampliar o estudo em outras áreas de conhecimento.

Por exemplo: se os estudantes informarem que Empédocles nasceu no séc. V a.C., em Agrigento, uma cidade da Antiga Grécia, peça a eles que investiguem a localização dessa cidade. Eles poderão descobrir que Agrigento é uma cidade da região italiana da Sicília, ilha no sul da Itália. Peça a eles, então, que perguntem ao professor de História e/ou de Geografia como esse território grego tornou-se uma cidade italiana.

É importante levar os estudantes a perceber que a proposta de Aristóteles era similar à de Empédocles, no tocante aos elementos fundamentais: fogo, ar, água e terra. Mas que as propostas eram distintas no que se referiam às características desses elementos na constituição da matéria.

Para Empédocles, os quatro elementos eram indestrutíveis e imutáveis, sendo a combinação deles, em proporções diferentes, responsável pela formação das diferentes estruturas e materiais. No modelo de Aristóteles, além de os quatro elementos serem os constituintes da matéria, esta tinha a característica de ser úmida, quente, seca ou fria.



Modelos dos quatro elementos como constituintes da matéria.
A. Modelo de Empédocles e B. Modelo de Aristóteles.

COMPLEMENTANDO

Aristóteles foi um dos mais importantes filósofos gregos, aluno de Platão e professor do imperador Alexandre, o Grande. Esses dados costumam aparecer nas pesquisas, bem como o local de nascimento e as diversas áreas de interesse do filósofo. Você pode estabelecer um conjunto de critérios para direcionar a atividade de pesquisa inicial e utilizá-los, posteriormente, como instrumento de avaliação da atividade.

Da mesma forma, é essencial que os estudantes entendam que as teorias atomistas de Demócrito e de Epicuro tinham pontos de similaridades e de distinção.

Nesse sentido, é importante que os estudantes saibam que foi Demócrito quem primeiro sistematizou uma teoria segundo a qual tudo o que existia era composto de elementos indivisíveis, chamados de **átomos**. Para ele, todo o Universo era formado por um turbilhão de átomos de diferentes formatos e tamanhos que se moviam ao acaso no vazio, chocando-se uns contra os outros. Ao se chocarem, os átomos poderiam se encaixar e formar a matéria como a conhecemos.

A pesquisa realizada pelos estudantes também deve levá-los a perceber que a ideia do Universo, composto de átomos, foi mantida em muitos outros modelos sobre a constituição da matéria, incluindo o modelo de Epicuro. No entanto, eles devem notar que o modelo de Epicuro abandona a ideia de que os átomos formariam um turbilhão se

movendo aleatoriamente no vazio. Para ele, os átomos, além da forma e do tamanho, tinham massa e se movimentavam em linhas retas, como se estivessem em queda livre. Pequenas alterações na trajetória retilínea poderiam ser causadas, de acordo com a vontade, o desejo ou a afinidade de um átomo com o outro.

Ao final desse estudo, que teve início com a pesquisa, pode ser realizada uma discussão geral entre os estudantes, na forma de um júri simulado. Sugerimos que o júri também seja um instrumento de avaliação, que pode ter caráter individual ou coletivo.

Atividade de avaliação: Júri simulado

A proposta consiste em organizar a turma em quatro grupos. Dois grupos farão a apresentação e a defesa de diferentes modelos teóricos (atomistas, por exemplo), um terceiro grupo fará a avaliação da apresentação dos modelos (identificando os limites, as falhas, a clareza na argumentação, entre outros aspectos), e o quarto grupo será a plateia, com o papel de formular questões pertinentes aos grupos que estão defendendo as propostas teóricas sobre a constituição da matéria.

Pode-se realizar várias sessões desta atividade, mudando os modelos teóricos apresentados e alternando os grupos para que os estudantes experimentem diferentes funções dentro do júri. Dessa forma, todos poderão desenvolver as habilidades de argumentar e contra-argumentar, fomentar um debate com questionamentos, avaliar e ser avaliado, colaborar com os pares, além de aprofundar os conhecimentos referentes à evolução das ideias clássicas sobre a matéria.

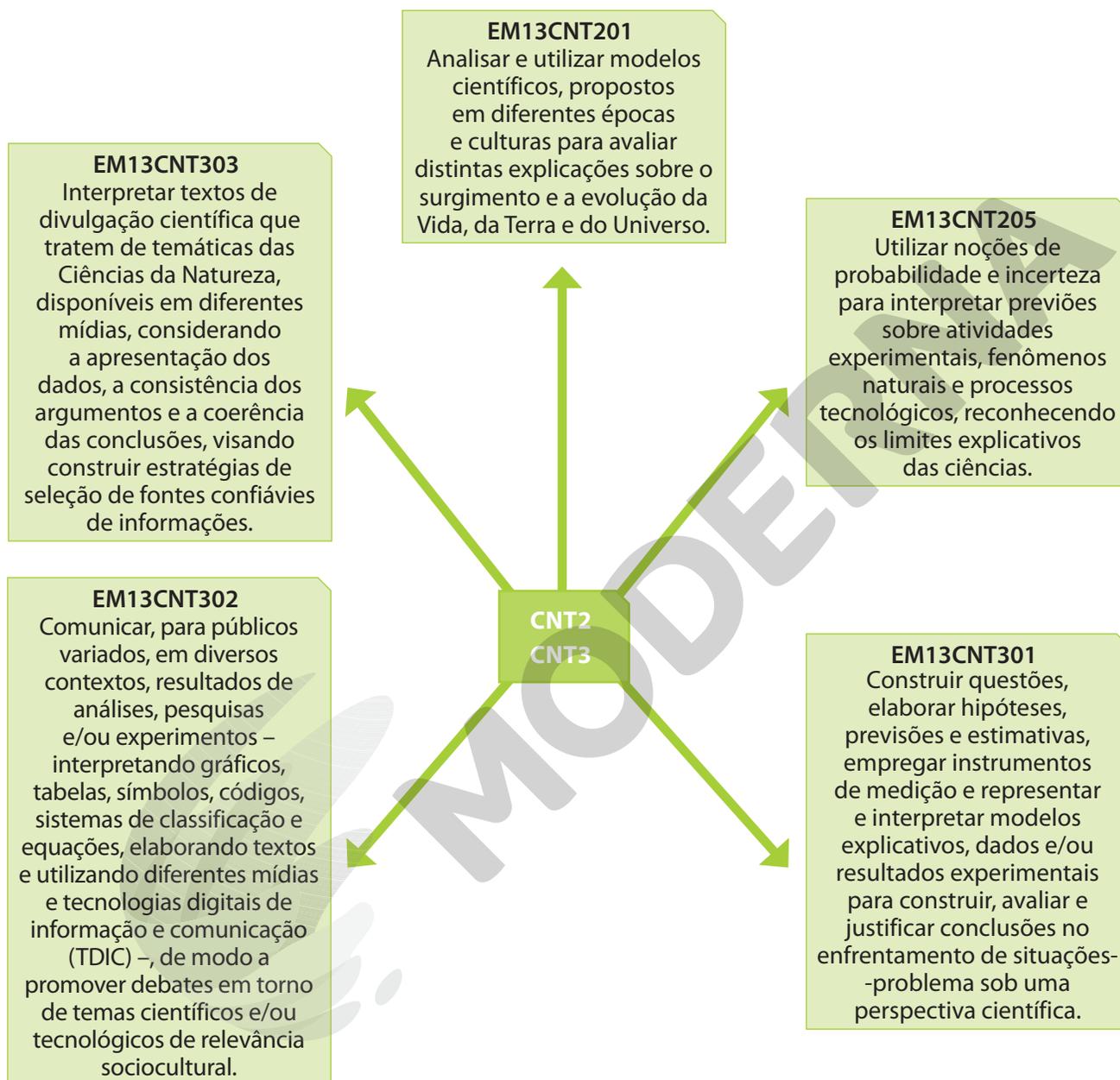
Essas e outras habilidades não estão dissociadas das competências gerais para o Ensino Médio, conforme mostrado na página 12, como a valorização e a utilização dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo, o exercício da curiosidade intelectual e a argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias.

IGOR ALECSANDER/GETTY IMAGES



Estudantes de Ensino Médio simulando a composição de um júri.

Especificamente com relação às Ciências da Natureza, as atividades do primeiro bloco contemplam a habilidade referente à análise e ao uso de modelos científicos (EM12CNT201), interpretar previsões sobre atividades experimentais (EM13CNT205), construir questões, elaborar hipóteses, apresentar a públicos variados, interpretar textos (EM13CNT301, EM13CNT302 e EM13CNT303).



Cabe ressaltar, também, que a articulação entre as disciplinas de Física, Filosofia e História é fundamental no desenvolvimento destas atividades. Somente assim, o estudo sobre os modelos de constituição da matéria adquire a dimensão sociocultural que permite compreender a influência que tiveram ao longo dos séculos. Sem essa dimensão, a importância dos clássicos gregos não é ressaltada na história do desenvolvimento científico.

Bloco 2 Articulação entre Física, História e Química

Tabela Periódica

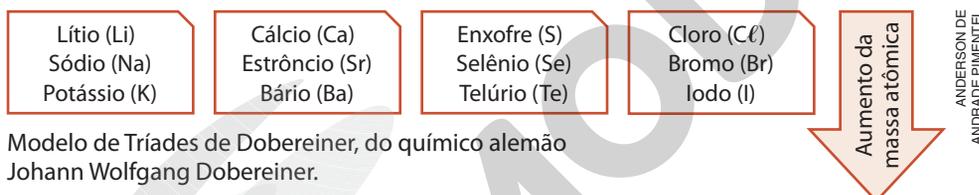
Atividade 1

A atividade que apresentamos neste segundo bloco aborda outro momento da História, no qual já era sabido que existiam diferentes átomos que formavam elementos químicos distintos, informação utilizada como base para a elaboração de novos modelos de constituição da matéria.

Uma perspectiva relevante dessa atividade é levar os estudantes a perceber que vários modelos foram construídos na tentativa de formar um quadro dos elementos químicos constituintes da matéria e, sem dúvida nenhuma, a proposta da Tabela Periódica, feita por Mendeleiev em 1869, é o mais impactante e longo desses modelos.

Sugerimos realizar uma atividade interdisciplinar com os professores de Física, Química e História, em que apresentem algumas das propostas anteriores de organização dos elementos químicos. Vamos citar três dessas propostas como exemplos.

O primeiro exemplo é a Tríade de Dobereiner, proposta em 1829. Os elementos eram organizados em grupos de três, com a característica de peso atômico do segundo elemento ser a média da soma dos pesos atômicos dos elementos anterior e posterior.



Modelo de Tríades de Dobereiner, do químico alemão Johann Wolfgang Dobereiner.

COMPLEMENTANDO

Johann Wolfgang Dobereiner foi um químico nascido no dia 13 de dezembro de 1780, na Alemanha. Foi autor das leis das tríades da Tabela Periódica.

Era filho de cocheiro e teve sua educação formal reduzida. Era autodidata e logo cedo, aos 14 anos, foi trabalhar como assistente em uma farmácia. Seu conhecimento químico precoce chamou a atenção de Karl August, que lhe assegurou uma nomeação para a Universidade de Iena. Suas aulas eram muitas vezes assistidas por Goethe, que mostrava grande interesse nas ciências. Muitas vezes mais do que seus escritos.

Trabalhou como professor de Química na Universidade de Iena. Em 1829, Dobereiner percebeu que o elemento bromo, que havia sido descoberto há pouco tempo, tinha propriedades que pareciam situar-se a meio caminho entre as do cloro e as do iodo. Também que seu peso atômico ficava exatamente no meio desses dois elementos.

Continua

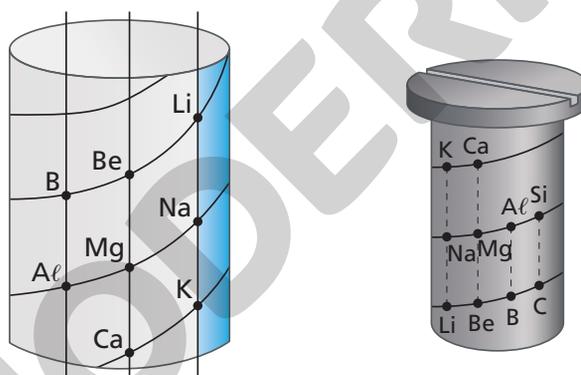
Começou a estudar a lista dos elementos conhecidos, anotando suas propriedades e pesos atômicos. Descobriu mais dois grupos com o mesmo padrão. Para estes grupos deu o nome de Tríade.

Iniciou uma ampla pesquisa para identificar mais elementos e grupos, mas só conseguiu agrupar 9 elementos dos 54 conhecidos na época. A Tríades de Dobereiner foi considerada pelos estudiosos da época uma coincidência.

Essa descoberta foi importante para o desenvolvimento da tecnologia dos vidros ópticos. Dobereiner morreu no dia 24 de março de 1849.

SÓ QUÍMICA. Dobereiner. Disponível em: <<https://www.soq.com.br/biografias/dobereiner/>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

No segundo exemplo, de 1862, os elementos foram organizados em ordem crescente de massa atômica em uma estrutura cilíndrica chamada de Parafuso Telúrico.



Parafuso Telúrico de Chancourtois, do geólogo francês Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

AMPLIANDO CONHECIMENTOS

Para conhecer outros modelos de organização dos elementos químicos que antecederam a Tabela Periódica de Mendeleiev, sugerimos a leitura do artigo:

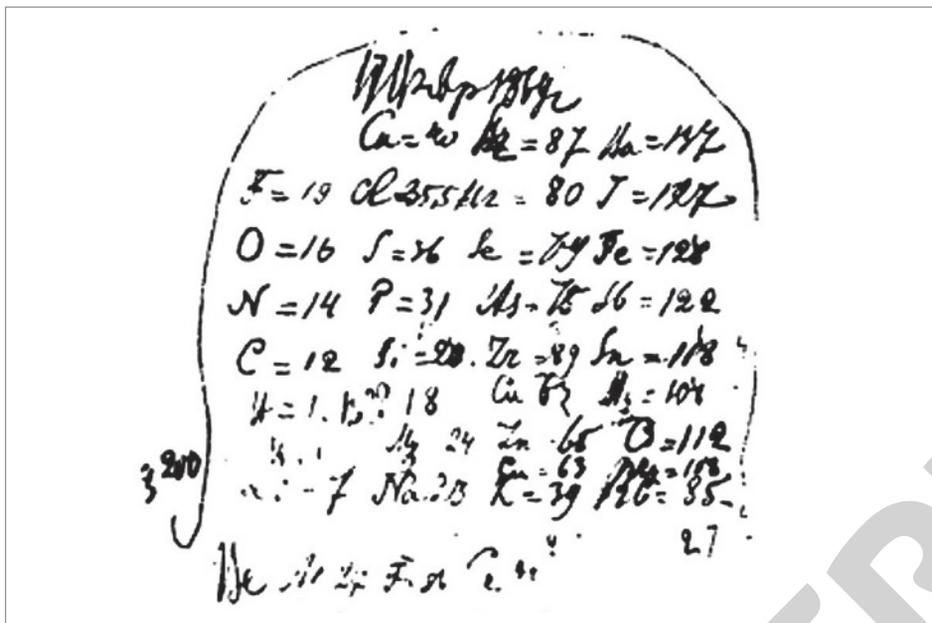
- TOLENTINO, Mário; ROCHA FILHO, Romeu C.; CHAGAS, Aécio Pereira. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. Revista **Química Nova**, n. 20, v.1. 1997.

O terceiro exemplo apresenta uma articulação com a música proposta por John A. R. Newlands, em 1863. O modelo ficou conhecido como Lei das Oitavas e explora uma possível analogia com as sete notas musicais. Os elementos conhecidos na época foram organizados em grupos de sete elementos, em ordem crescente de peso atômico. Nessa organização, ao considerar um elemento qualquer, o oitavo seguinte possuía propriedades análogas ao último. No quadro abaixo, os elementos de propriedades análogas aparecem na mesma coluna.

| Dó | Ré | Mi | Fá | Sol | Lá | Si |
|----|----|----|----|-----|----|----|
| H | Li | Be | B | C | N | O |
| F | Na | Mg | Al | Si | P | S |
| Cl | K | Ca | Cr | Ti | | |

Lei das Oitavas de Newlands, do químico inglês John A. R. Newlands.

Na sequência da apresentação desses modelos, os professores podem apresentar a Tabela Periódica proposta por Mendeleiev, em 1869. Ele criou uma identificação para cada um dos elementos conhecidos contendo o símbolo do elemento e a massa atômica.



Reprodução do primeiro esboço da Tabela Periódica feito por Mendeleiev em fevereiro de 1869.

Mendeleiev dispôs os elementos em ordem crescente de massas atômicas, agrupando na vertical aqueles com propriedades semelhantes (famílias químicas).

A organização dos elementos na figura a seguir apresentava relações entre eles, se a disposição for observada na vertical ou na horizontal.

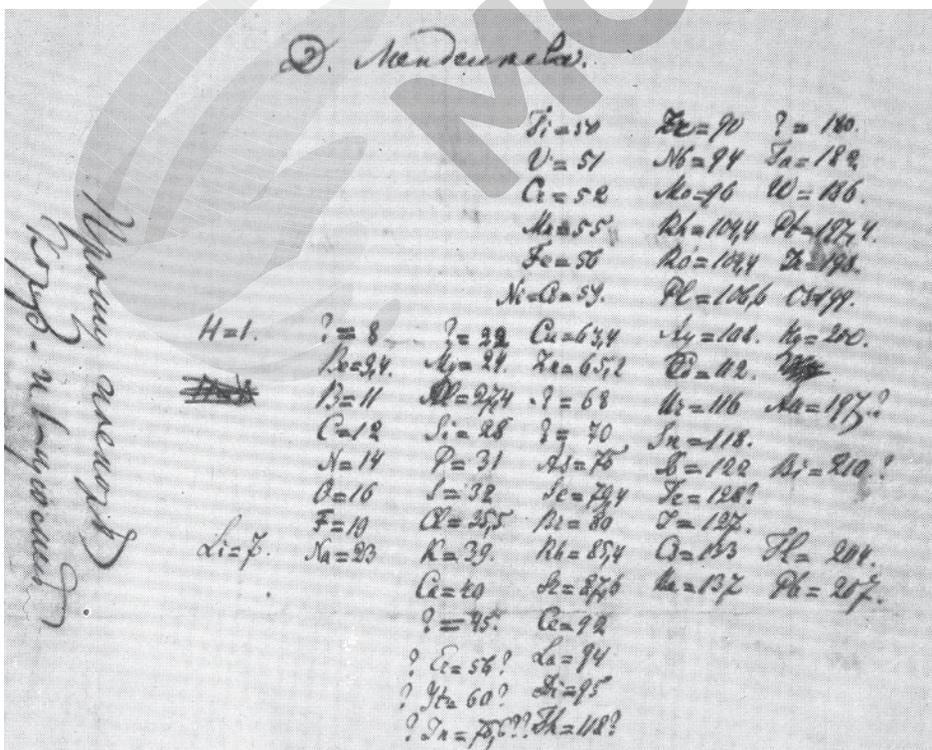


Tabela Periódica apresentada por Dimitri Ivanovitch Mendeleiev à Sociedade de Química da Rússia, em março de 1869.

| | | | | | |
|--------|----------|------------|--------------|------------|-------------|
| | | | Ti = 50 | Zr = 90 | ? = 180. |
| | | | V = 51 | Nb = 94 | Ta = 182. |
| | | | Cr = 52 | Mo = 96 | W = 186. |
| | | | Mn = 55 | Rh = 104,4 | Pt = 197,1. |
| | | | Fe = 56 | Rn = 104,4 | Ir = 198. |
| | | | Ni = Co = 59 | Pt = 106,8 | O = 199. |
| | | | Cu = 63,4 | Ag = 108 | Hg = 200. |
| H = 1 | | | | | |
| | Be = 9,1 | Mg = 24 | Zn = 65,2 | Cd = 112 | |
| | B = 11 | Al = 27,1 | ? = 68 | Ur = 116 | Am = 197? |
| | C = 12 | Si = 28 | ? = 70 | Sn = 118 | |
| | N = 14 | P = 31 | As = 75 | Sb = 122 | Bi = 210? |
| | O = 16 | S = 32 | Se = 79,1 | Te = 128? | |
| | F = 19 | Cl = 35,5 | Br = 80 | I = 127 | |
| Li = 7 | Na = 23 | K = 39 | Rb = 85,4 | Cs = 133 | Tl = 204. |
| | | Ca = 40 | Sr = 87,6 | Ba = 137 | Pb = 207. |
| | | ? = 45 | Ce = 92 | | |
| | | ?Er = 56 | La = 94 | | |
| | | ?Yt = 60 | Di = 95 | | |
| | | ?In = 75,6 | Th = 118? | | |

Dados da Tabela Periódica apresentada por Dimitri Ivanovitch Mendeleiev à Sociedade de Química da Rússia, em março de 1869.

Várias versões diferentes dessa tabela foram construídas por outros pesquisadores e pelo próprio Mendeleiev ao longo do tempo, acrescentando novos elementos químicos e/ou utilizando outros critérios de organização.

Os professores devem chamar a atenção dos estudantes à existência de espaços vazios e de pontos de interrogação nas versões apresentadas, sugerindo a existência de novos elementos a serem descobertos. Também devem esclarecer aos estudantes que essas tabelas serviram de base para a Tabela Periódica atual, mas com uma importante modificação decorrente dos estudos de Henry Moseley, que estabeleceu, em 1914, a lei da periodicidade:

Muitas propriedades físicas e químicas dos elementos variam periodicamente em função de seus números atômicos.

Portanto, a organização atual da Tabela Periódica segue esse princípio, organizando os elementos em ordem crescente de número atômico, e não pela massa atômica como era feito anteriormente.

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|---|---|---|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|---|--|--|
| <p>1 Número atômico — 14 28,085* Peso atômico padrão^{#,*}</p> <p>Símbolo — Si # Peso atômico convencional, se com asterisco</p> <p>Nome — SILÍCIO * Inexistente, pois o elemento (e.g. Ra e Cf) carece de isótopos com uma distribuição isotópica característica em amostras terrestres naturais</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | |
| 1 1,008* H HIDROGÊNIO | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 4,0026 He HÉLIO | | |
| 3 6,94* Li LÍTIO | 4 9,0122 Be BERÍLIO | Zn - sólido Hg - líquido Ne - gás Cf - sintético | | | | | | | | | | 5 10,81* B BORO | 6 12,011* C CARBONO | 7 14,007* N NITROGÊNIO | 8 15,999* O OXIGÊNIO | 9 18,998 F FLUÓR | 10 20,180 Ne NEÔNIO | | |
| 11 22,990 Na SÓDIO | 12 24,305* Mg MAGNÉSIO | 13 26,982 Al ALUMÍNIO | 14 28,085* Si SILÍCIO | 15 30,974 P FÓSFORO | 16 32,06* S ENXOFRE | 17 35,45* Cl CLORO | 18 39,95* Ar ARGÔNIO | | | | | | | | | | | | |
| 19 39,098 K POTÁSSIO | 20 40,078(4) Ca CÁLCIO | 21 44,956 Sc ESCÂNDIO | 22 47,867 Ti TITÂNIO | 23 50,942 V VANÁDIO | 24 51,996 Cr CRÔMIO | 25 54,938 Mn MANGANÊS | 26 55,845(2) Fe FERRO | 27 58,933 Co COBALTO | 28 58,693 Ni NÍQUEL | 29 63,546(3) Cu COBRE | 30 65,38(2) Zn ZINCO | 31 69,723 Ga GÁLIO | 32 72,630(8) Ge GERMÂNIO | 33 74,922 As ARSÊNIO | 34 78,971(8) Se SELÊNIO | 35 79,904* Br BROMO | 36 83,798(2) Kr KRIPITÔNIO | | |
| 37 85,468 Rb RUBÍDIO | 38 87,62 Sr ESTRÔNCIO | 39 88,906 Y ÍTRIO | 40 91,224(2) Zr ZIRCÔNIO | 41 92,906 Nb NIÓBIO | 42 95,95 Mo MOLIBDÊNIO | 43 Tc TECNÉCIO | 44 101,07(2) Ru RUTÊNIO | 45 102,91 Rh RÓDIO | 46 106,42 Pd PALÁDIO | 47 107,87 Ag PRATA | 48 112,41 Cd CÁDMIO | 49 114,82 In ÍNDIO | 50 118,71 Sn ESTANHO | 51 121,76 Sb ANTIMÔNIO | 52 127,60(3) Te TELÚRIO | 53 126,90 I IODO | 54 131,29 Xe XENÔNIO | | |
| 55 132,91 Cs CÉSIO | 56 137,33 Ba BÁRIO | LANTANÍDIOS 57 - 71 | | 72 178,49(2) Hf HÁFNIO | 73 180,95 Ta TÂNTALO | 74 183,84 W TUNGSTÊNIO | 75 186,21 Re RÊNIO | 76 190,23(3) Os ÓSMIO | 77 192,22 Ir IRÍDIO | 78 195,08 Pt PLATINA | 79 196,97 Au OURO | 80 200,59 Hg MERCÚRIO | 81 204,38* Tl TÁLIO | 82 207,2 Pb CHUMBO | 83 208,98 Bi BISMUTO | 84 Po POLÔNIO | 85 At ASTATO | 86 Rn RADÔNIO | |
| 87 Fr FRÂNCIO | 88 Ra RÁDIO | ACTINÍDIOS 89 - 103 | | 104 Rf RUTHERFÓRDIO | 105 Db DÚBNI | 106 Sg SEABÓRGIO | 107 Bh BÓHRIO | 108 Hs HÁSSIO | 109 Mt MEITNÉRIO | 110 Ds DARMSTÁDIO | 111 Rg ROENTGÊNIO | 112 Cn COPERNÍCIO | 113 Nh NIHÔNIO | 114 Fl FLERÓVIO | 115 Mc MOSCÓVIO | 116 Lv LIVERMÓRIO | 117 Ts TENNESSO | 118 Og OGANESSÔNIO | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|------------------------------------|--|---|--|--|---|--|---|---|---|---|
| 57 138,91 La LANTÂNIO | 58 140,12 Ce CÉRIO | 59 140,91 Pr PRASEODÍMIO | 60 144,24 Nd NEODÍMIO | 61 Pm PROMÉCIO | 62 150,36(2) Sm SAMÁRIO | 63 151,96 Eu EURÓPIO | 64 157,25(3) Gd GADOLÍNIO | 65 158,93 Tb TÉRBIO | 66 162,50 Dy DISPRÓSIO | 67 164,93 Ho HÓLMIO | 68 167,26 Er ÉRBIO | 69 168,93 Tm TÚLIO | 70 173,05 Yb ITÉRBIO | 71 174,97 Lu LUTÉCIO |
| 89 Ac ACTÍNIO | 90 232,04 Th TÓRIO | 91 231,04 Pa PROTACTÍNIO | 92 238,03 U URÂNIO | 93 Np NEPTÚNIO | 94 Pu PLUTÔNIO | 95 Am AMÉRCIO | 96 Cm CÚRIO | 97 Bk BERKÉLIO | 98 Cf CALIFÓRNIO | 99 Es EINSTÊNIO | 100 Fm FÉRMIO | 101 Md MENDELEVIO | 102 No NOBÉLIO | 103 Lr LAURÊNCIO |

ERICSON GUILHERME LUCIANO

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. Tabela Periódica dos elementos. Disponível em: <http://www.sbq.org.br/anexos/tabela_periodica_SBO_6nov2019.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

Tabela Periódica dos elementos químicos utilizada atualmente.

Atividade de avaliação: Jogo da Tabela Periódica

Após a discussão dos aspectos históricos envolvidos no desenvolvimento desses modelos, sugerimos que o professor conduza uma atividade de aprofundamento do estudo da Tabela Periódica que pode ter caráter avaliativo.

A atividade propõe um jogo para identificar na Tabela Periódica atual os elementos conhecidos e os desconhecidos por Mendeleiev em sua época. Se possível, proponha a realização da atividade em grupos e permita que esses grupos acessem a internet.

Os grupos devem apresentar pelo menos cinco elementos químicos novos com informações sobre suas características e acerca do processo de descoberta de cada um deles.

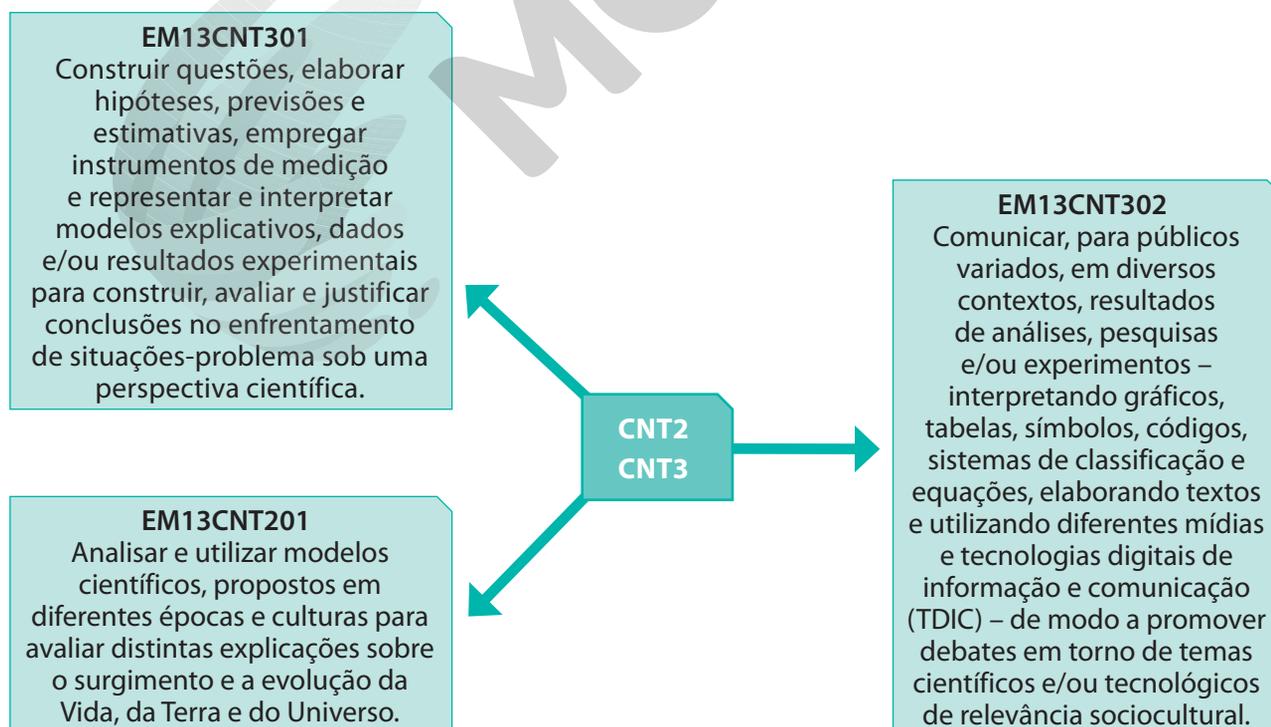
Os processos de descobrimento de novos elementos químicos bem como os processos de detecção de partículas podem ser temáticas para a continuidade dos estudos, que podem ser realizados por meio de outras atividades. No próximo bloco, vamos apresentar possibilidades nessa direção.



Para encerrar esse bloco, é importante ter clareza de que o objetivo não deve ser o de estabelecer uma competição entre grupos, e sim um trabalho colaborativo que permita a todos discutir as características essenciais dos elementos a partir de sua composição atômica. Destacamos que a articulação da Física com a disciplina de Química é fundamental para que os estudantes possam perceber a interconexão do conhecimento científico e, além disso, visualizar algumas características da própria construção da Ciência, como o abandono de modelos/teorias obsoletas e o investimento dos cientistas no aperfeiçoamento de modelos/teorias promissoras.

Acreditamos que o aprendizado sobre a atuação do cientista faz com que o estudante reflita criticamente acerca de seu próprio processo de estudo e de aprendizado, bem como sobre a valorização de princípios éticos e de convivência em grupo. Nessa perspectiva, ressaltamos que as atividades propostas neste bloco contribuem para o desenvolvimento de várias das competências gerais a serem estimuladas durante o Ensino Médio. Dentre essas competências gerais, citamos aquelas referentes à valorização e à utilização dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, ao exercício da curiosidade intelectual e ao uso de abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade. Além disso, os estudantes são incentivados a argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis e a agir com autonomia pessoal e coletiva.

Também queremos destacar que as atividades propostas neste bloco podem mobilizar habilidades específicas da área de Ciências da Natureza; por exemplo, as habilidades EM13CNT201, EM13CNT301 e EM13CNT302.



Então é possível retomar a resposta proposta por Demócrito, de que o átomo era a unidade fundamental da matéria, e salientar a força que ela teve, apontando que foi a melhor resposta, a “verdade” provisória, do fim do séc. V a.C. até o fim do séc. XIX.

A partir daí, pode-se levar os estudantes a pensar sobre questões que devem ter sido formuladas sobre o átomo ao longo desses séculos: **qual seria o tamanho do átomo? Qual seria seu peso? Será que poderíamos detectá-lo, ou seja, dividir algo muitas e muitas vezes até chegar a essa unidade indivisível? Seria o átomo carregado eletricamente?**

Essas e outras perguntas são exemplos de questionamentos levantados acerca do átomo até o século XIX, momento em que a Ciência pôde responder a algumas delas. Outras permaneceram sem resposta por mais algum tempo.

O efervescente século XIX

Atividade 1

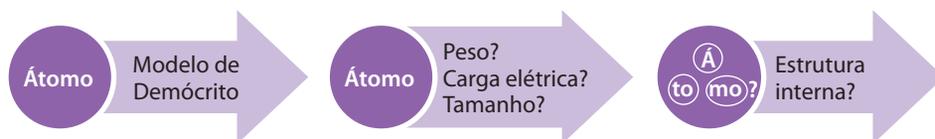
O professor de Física pode planejar com o professor de Química um conjunto de aulas para explorar os conhecimentos produzidos sobre o átomo no século XIX. O planejamento pode ter início com uma apresentação ou com uma pesquisa sobre como John Dalton, no período entre 1803 e 1808, desconstruiu a ideia de que existia um único tipo de átomo, propondo a existência de vários tipos com massas características e invariantes.

Depois, pode-se discutir o trabalho realizado por Amedeo Avogadro voltado para a tentativa de conhecer o tamanho dos átomos, o que ele conseguiu parcialmente em 1811, quando estimou seu tamanho em 1 angström, ou seja, 10^{-10} m.

Na sequência, os professores podem apresentar alguns outros trabalhos importantes, desenvolvidos ainda na primeira metade do séc. XIX, como o trabalho de Faraday, de 1834, no qual os primeiros indícios importantes relativos à natureza elétrica dos átomos foram discutidos. Começa-se, então, a ser construída uma resposta para os seguintes questionamentos: **os átomos são carregados eletricamente? Como as cargas elétricas se configuram dentro do átomo?**

Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856), conde de Quaregna e Cerreto, foi um advogado e físico italiano, um dos primeiros cientistas a distinguir átomos e moléculas.





Os professores devem salientar pelo menos dois trabalhos importantes para a história do átomo e da constituição da matéria relativos à segunda metade do século XIX.

O trabalho do Lord Kevin, um dos primeiros cientistas a propor uma estrutura interna para o átomo, por volta de 1867, e o trabalho de J. J. Thomson, que resultou na detecção do elétron em 1897.

A detecção do elétron merece uma atenção especial no planejamento do professor de Física, bem como a proposição do modelo atômico que ficou conhecido como “pudim de passas” ou “pudim de ameixas”. Esse foi o primeiro modelo proposto em que o átomo tinha cargas elétricas distribuídas no seu interior. No entender de Thomson, existiam corpúsculos carregados eletricamente que formavam uma estrutura interna do átomo.

A ideia de que o átomo tinha estrutura interna foi confirmada em 1911 com o trabalho de E. Rutherford, um século depois de Avogadro estimar o tamanho do átomo.

O experimento de Rutherford mostrou que a carga positiva no átomo de ouro estava concentrada em um núcleo, com medida da ordem de 10^{-14} m, o qual estava envolvido por uma região em que existiam muitos vazios, além dos elétrons. Nesse momento da história já se sabia que o átomo tinha estrutura interna, ou seja, ele não era uma unidade elementar, ele era formado por partículas.

AMPLIANDO CONHECIMENTOS

Para planejar a apresentação do modelo do “pudim de passas” de Thomson para os estudantes, sugerimos a leitura do trabalho de Lopes e Martins (2009), apresentado no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC):

- LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o “pudim de passas” nos livros-texto. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2009.

Para saber mais sobre o experimento de Rutherford, sugerimos a leitura de um artigo da Revista **Física na Escola** que narra a trajetória de Rutherford, desde o nascimento até a descoberta do núcleo atômico.

- VIEIRA, C. L. **O centro de todas as coisas**. Um século da descoberta do núcleo atômico. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol12-Num2/a111.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2020.

Sugerimos, ainda, a leitura de um texto publicado pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), em comemoração aos 100 anos da descoberta do núcleo atômico.

- TAVARES, O. A. P. **Ernest Rutherford e o Átomo Nuclear**. Disponível em: <http://cbpfindex.cbpf.br/publication_pdfs/cs00211.2011_01_10_13_57_15.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020.

Atividade 2

A partir da detecção do elétron, em 1897, por J. J. Thomson, o mundo subatômico começou a ser desvendado e novas partículas foram descobertas. Para isso, diferentes metodologias (teóricas e experimentais) e distintos equipamentos foram utilizados.

A proposta é que o professor de Física comece uma discussão com os estudantes sobre as relações entre as atividades teóricas e experimentais envolvidas na produção do conhecimento físico. As perguntas norteadoras dessa discussão podem ser as seguintes: **será que existe um caminho único para fazer Ciência, indo da observação, passando pela construção de hipóteses e experimentação e chegando a uma teoria? Será que o caminho inverso ou mesmo outras configurações são possíveis?**

Para encontrar subsídios para essa discussão, os estudantes devem ser incentivados a investigar os caminhos que foram trilhados para o descobrimento de algumas partículas. Sugerimos que o elétron e o fóton sejam as partículas estudadas e, na sequência, fornecemos dados para o professor conduzir o trabalho com os estudantes.

1. O elétron

A detecção do elétron, realizada por Thomson em 1897, é resultante de um conjunto de experiências com raios catódicos, um tipo de radiação gerada quando uma corrente elétrica atravessa gases rarefeitos. A composição desses raios era motivo de estudo na época: **será que eram compostos de partículas? Seriam compostos de íons?**

O que se sabia até aquele momento era que os raios catódicos, produzidos em ampolas de Crookes, sofriam deflexão na presença de campo magnético, comportando-se como se fossem carregados negativamente. Em 1897, Thomson observou um efeito novo, a deflexão de raios catódicos por efeito de campo elétrico.

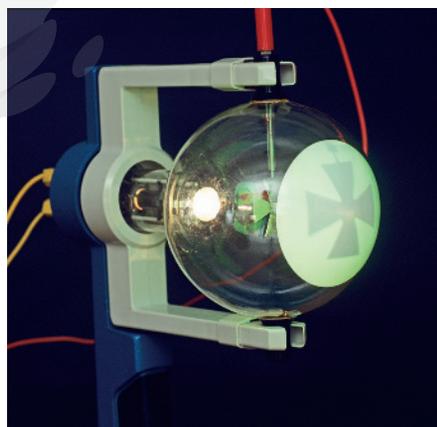
OLHANDO AO REDOR

Os aparelhos televisores mais antigos, como o representado na fotografia abaixo, são exemplos de tubos de raios catódicos.

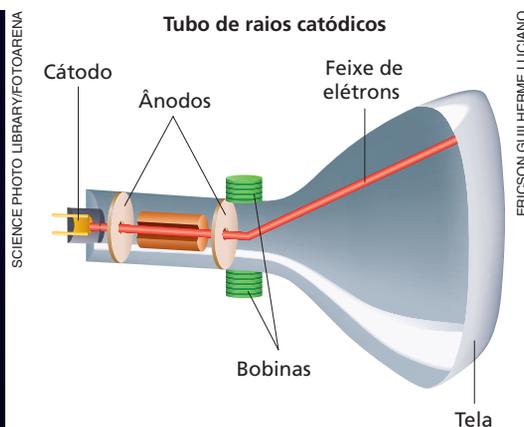
Será que existem tubos de raios catódicos funcionando na escola? Ou na casa dos estudantes?



JUSTINBOAT.29/SHUTTERSTOCK



Ampola de Crookes.



Representação esquemática do funcionamento de um tubo de raios catódicos.

Tomando como hipótese que os constituintes dos raios catódicos eram partículas, Thomson testa diferentes variações no experimento, buscando determinar a relação entre a massa e a carga elétrica das supostas partículas. Ele varia os gases e o campo elétrico, entre outros fatores, e os resultados das medidas da deflexão dos raios produzidos fornecem resultados que permitem a ele concluir que esses raios eram compostos sempre da mesma partícula. Tendo caracterizado essa partícula, pela relação carga-massa encontrada, Thomson consegue perceber que a mesma partícula era constituinte também de todos os gases testados. Posteriormente, ele generaliza o resultado dizendo que tal partícula era constituinte de todos os elementos químicos. Essa partícula tinha uma massa mil vezes menor que a massa conhecida do hidrogênio na época. Ele chamou essa partícula inicialmente de **corpúsculo**, somente depois de um tempo ela passou a ser chamada de **elétron**.

A partir da detecção do elétron, Thomson se dedicou à construção de um novo modelo para a estrutura do átomo. Esse modelo foi apresentado em 1904 e foi chamado de “pudim de passas” ou “pudim de ameixas” por conta da semelhança da imagem mental do que seria o átomo de Thomson com esse doce. As ameixas representariam os elétrons distribuídos em uma massa de cargas positivas.

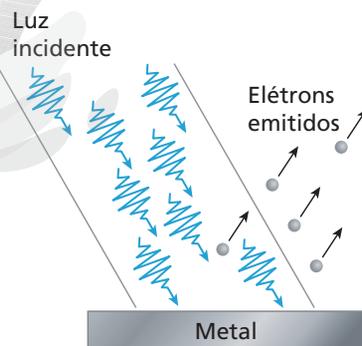
ANDERSON DE
ANDRADE PIMENTEL



2. O fóton

Em 1886, um físico chamado Hertz descobriu que partículas com cargas elétricas negativas eram emitidas de uma placa metálica após a incidência de luz sobre ela. Esse dado observacional ficou conhecido como **efeito fotoelétrico** e não havia uma explicação teórica para ele.

ERICSON GUILHERME LUCIANO



Por outro lado, em 1900, Max Planck, na tentativa de explicar os resultados de absorção e emissão de radiação pela matéria, propõe que a energia absorvida e emitida deveria ser quantizada, isto é, deveria ser sempre múltiplo de uma quantidade básica.

COMPLEMENTANDO

Embora Einstein seja muito mais conhecido pela proposição da Teoria da Relatividade e da equação de equivalência entre massa e energia, ele foi agraciado com o Prêmio Nobel de Física de 1921, graças à sua contribuição para a explicação do efeito fotoelétrico.

Em 1905, Albert Einstein une os trabalhos de Hertz e Planck, ampliando a ideia de quantização de Planck e apresentando uma explicação para o efeito fotoelétrico. A proposição teórica considerou que a energia eletromagnética deveria ser quantizada e, assim, o efeito fotoelétrico só ocorreria, ou seja, as partículas com cargas negativas só seriam emitidas quando a quantidade de energia absorvida fosse um múltiplo inteiro de uma quantidade básica. Esta quantidade básica associada à radiação eletromagnética ficou conhecida como **quantum de energia** e, mais tarde, em 1926, recebeu de Gilbert Lewis o nome **fóton**.

Para fechamento desta atividade, sugerimos salientar dois pontos do material estudado:

1. o caminho que levou à descoberta do elétron foi essencialmente experimental, enquanto aquele que levou à descoberta da existência do fóton foi uma articulação de um resultado experimental com um resultado teórico;
2. o trabalho de um cientista se articula e se apoia no trabalho de outros cientistas. No caso da descoberta do fóton, a articulação do trabalho de Hertz e Planck, realizada por Einstein, é bastante evidente. No caso da descoberta do elétron, isso também ocorreu, embora seja menos evidente, de modo que Thomson aparece como o personagem principal, mas o trabalho de Crookes, Dalton, Lord Kelvin, Avogadro e outros foi essencial para o resultado alcançado por Thomson.

A descoberta do méson pi

Atividade 3

A terceira atividade que propomos neste bloco está vinculada à descoberta do méson pi, hoje em dia chamado de **píon**. A detecção dessa partícula, ocorrida em 1947, é considerada por muitos físicos uma das descobertas mais importantes da Física do século passado. No quadro abaixo segue um resumo breve dos principais acontecimentos envolvidos na descoberta do píon.

No século XX, a ideia de constituição da matéria passou por grandes mudanças. O elétron havia sido detectado por Thomson no século anterior, e já tínhamos a confirmação da existência do próton no núcleo em 1904, com o trabalho de Rutherford. Em 1932, com a descoberta do nêutron por J. Chadwick, o modelo de átomo se tornou mais complexo.

Uma das questões a ser resolvida era o que mantinha esse núcleo estável, ou seja, o que mantinha nêutrons e prótons unidos no núcleo. Pensando apenas do ponto de vista das forças elétricas, a repulsão entre os prótons deveria ser grande e mesmo assim o núcleo se mantinha coeso. Era necessário considerar a existência de uma força nuclear, mais intensa que a repulsão elétrica, e que manteria o núcleo estável.

Continua

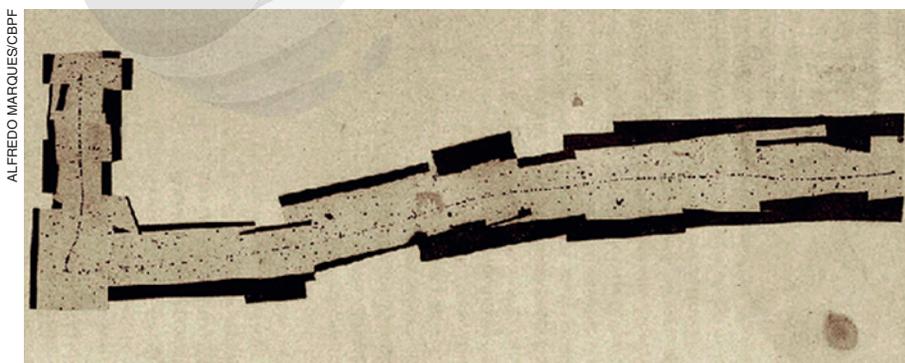
A teoria para explicar essa força nuclear foi proposta por Hideki Yukawa, em 1935. Nessa teoria, ele previu a existência de uma partícula que poderia ser emitida e absorvida pelos prótons e nêutrons e, dessa forma, produziria uma atração de curto alcance entre esses constituintes do núcleo atômico, mantendo a estabilidade desse núcleo.

Como a massa dessa partícula deveria ser 200 vezes maior que a do elétron, mas menor que a do próton, ela recebeu o nome de méson (do grego, “meio” em português). Além disso, teria um tempo de vida curto, da ordem de bilionésimo de segundos.

Por outro lado, a observação de radiação cósmica levou Carl D. Anderson e Seth H. Neddermeyer, em 1937-1938, à identificação de sinais do que poderia ser essa partícula. Com massa e tempo de vida compatíveis com o previsto, parecia que a explicação para a estabilidade do núcleo havia sido dada. Porém, dez anos depois, medidas experimentais indicaram que o comportamento desse méson não era o esperado, pois a interação com prótons e nêutrons deveria ser intensa, e foram encontrados mésons, da radiação cósmica, que atravessavam centenas de núcleos atômicos sem qualquer alteração, isto é, a interação era fraca com os constituintes do núcleo, ao contrário do que se esperava.

Por sua vez, uma equipe de cientistas, da qual fazia parte o brasileiro Cesar Lattes, analisava os rastros deixados por reações nucleares em chapas fotográficas especiais, chamadas de **emulsão fotográfica**. Chefiados por Cecil Powell, esse grupo de pesquisadores de Bristol, Inglaterra, descobriu que as chapas deixadas no alto da montanha Pic du Midi continham dois traços especiais, de mésons que iam diminuindo a velocidade e parando e, do final desse traço deixado pelo méson, surgia outro rastro de um novo méson.

Com o objetivo de coletar mais dados, o brasileiro César Lattes participa da expedição que coloca várias chapas fotográficas especiais no alto do monte Chacaltaya, Bolívia. Lattes decide acrescentar bórax em algumas placas com o objetivo de tornar os traços mais visíveis e duradouros nas chapas. Os resultados da análise das chapas mostraram vários rastros de mésons duplos.



ALFREDO MARQUES/CBPF

Observação realizada pela Sra I. Roberts. Fotomicrografia com objetivo Cooke $\times 45$ ‘fluorita’. Ilford ‘Nuclear Research’, emulsão C2 carregada de boro; m^1 é o méson primário e m^2 , o méson secundário.

Revista *Nature*. 159: 694-697, maio 24, 1947.

Continua

AMPLIANDO CONHECIMENTOS

Para obter mais informações sobre esse episódio histórico, pode-se consultar:

- GRUPO DE HISTÓRIA, TEORIA E ENSINO DE CIÊNCIAS. César Lattes e os 50 anos do méson pi. Disponível em: <<http://www.ghc.usp.br/meson.htm>>;
- BRASIL. Ministério das Ciências, Tecnologia e Inovações. Há 70 anos, artigo revelava ao mundo a existência do pión. Disponível em: <<http://cbpf.br/pt-br/ultimas-noticias/ha-70-anos-artigo-revelava-ao-mundo-a-existencia-do-pion>>. Acessos em: 27 set. 2020.

Continuação

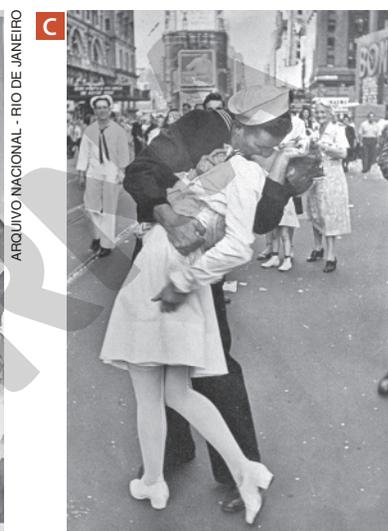
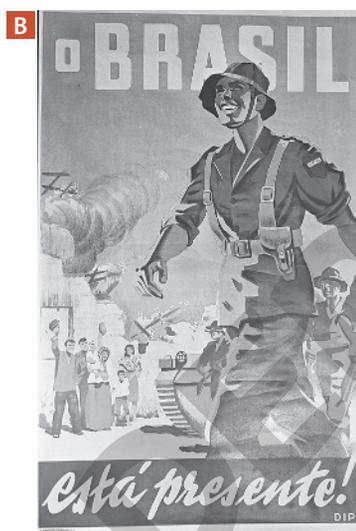
Com o estudo desses traços foi possível determinar suas massas. Um tipo de méson tinha massa maior que a do outro, entre 30% e 40%, que se desintegrava dando origem a um mais leve. O méson mais leve era conhecido pelos estudos de Anderson e Neddermeyer e foi chamado de **méson mi** (atualmente **múon**). O primeiro méson, o mais pesado, era desconhecido; porém, suas características eram compatíveis com a partícula prevista na teoria de Yukawa. Sua descoberta foi anunciada em 1947, e recebeu o nome de méson pi (atualmente pión).

Abria-se assim um novo caminho para o estudo das partículas subatômicas.

Nossa sugestão é que o professor de Física se articule com os professores de História, de Língua Portuguesa e Língua Inglesa para conduzir os estudantes na reconstrução da história e na divulgação da detecção do pión. Alguns dos fatos importantes para conhecimento dos estudantes são:

1. a detecção contou com participação decisiva do físico brasileiro César Lattes (cujo nome correto é Cesare Mansueto Giulio Lattes). Foi ele quem obteve as imagens em chapas fotográficas preparadas com uma emulsão de bórax, que permitiu ao grupo de pesquisa – que era chefiado por Powell – identificar o méson pi;
2. o resultado catalisou um intenso desenvolvimento científico naquela época, muitas outras partículas foram observadas, utilizando procedimento experimental similar ao utilizado pelo grupo de Lattes, e novos desafios logo foram encontrados. Para enfrentá-los foram desenvolvidos equipamentos, técnicas e experimentos diferentes, e, na sequência, foi inaugurada a era dos aceleradores de partículas;
3. o caso envolve a atribuição de dois prêmios Nobel de Física, para Yukawa em 1949 (pela previsão teórica da partícula) e para Powell em 1950 (pela detecção da partícula);
4. o fato de o chefe do grupo de pesquisa, e não Lattes, ter recebido um Nobel pela detecção do méson pi ficou conhecido como um exemplo de “injustiça histórica”;
5. a construção da narrativa dessa “injustiça” foi realizada e disseminada por meios de divulgação não científicos, mas também percorreu os corredores das academias científicas, no Brasil e no exterior. Várias questões foram levantadas. Como exemplo, citamos as possíveis relações entre o contexto do pós-guerra e a nacionalidade dos envolvidos: Yukawa (japonês), Lattes (brasileiro de ascendência italiana) e Powell (inglês).

O professor de História pode ajudar com elementos do contexto da época envolvendo o período da previsão teórica da existência dessa partícula, em 1934, até sua detecção em 1947. Pode ser mencionado que foi um período de situações adversas, citando exemplos como a Crise da Bolsa de Nova York (em 1929) e a ocorrência da Segunda Guerra Mundial. Seria importante destacar as consequências desses (ou de outros) episódios no Brasil. No caso dos episódios citados, podem ser salientados o da perda do mercado de exportação do café para os EUA, por causa da Depressão Americana, o do crescimento do desenvolvimento da Ciência no Brasil, destacando o programa nuclear brasileiro, e o da exportação de minérios para alimentar a indústria bélica impulsionada pela Segunda Guerra.



O professor de Língua Portuguesa poderia explorar os diferentes gêneros literários utilizados na divulgação que sucedeu a detecção da partícula. Por exemplo, poderiam ser utilizados artigos publicados em jornais e em outras grandes mídias da época. Na imagem a seguir, temos uma matéria publicada pelo Correio Paulistano, que atribui a descoberta do méson pi a César Lattes, e fala um pouco sobre sua trajetória como pesquisador e alguns dados sobre o conhecimento da época a respeito de Física de Partículas.

Imagens de eventos marcantes das décadas de 1930 e 1940. A. Notícia da quebra da Bolsa de Nova York, que deu início à Grande Depressão Americana; B. Cartaz sobre a participação do Brasil na Segunda Guerra Mundial; C. O final da Segunda Guerra Mundial; e D. Símbolo do Programa Nuclear Brasileiro.

FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL - RIO DE JANEIRO

CORREIO PAULISTANO
 ANO XCIV | S. PAULO — Quarta-feira, 10 de Março de 1948 | N. 28.199

Descoberta de um cientista brasileiro
TRATA-SE DO "MESON", IMPORTANTE COMPONENTE NUCLEAR
PAULISTA, O AUTOR DO INVENTO

RIO, 9 (ASAPRESS) — A imprensa vespertina publica com grande destaque o noticiário procedente dos Estados Unidos sobre a descoberta de um cientista brasileiro, Cesar Lattes, de São Paulo e anunciada agora oficialmente de Bristol, em gozo de bolsa de estudos. Dall foi convidado a trabalhar na Califórnia com o prof. Lawrence e outros cientistas americanos, num grande ciclotron de 4 mil toneladas. All acaba de realizar sua sensacional

Matéria do Correio Paulistano de março de 1948 sobre a descoberta do méson pi.

Nesse sentido, o professor de Física pode desenvolver um trabalho com o professor de Língua Portuguesa e de Língua Inglesa comparando essa publicação do **Correio Paulistano** (ou outras da época) com artigos que discutiram a descoberta do méson pi na comunidade científica. Como sugestão, poderia ser utilizado o primeiro artigo escrito por C. Lattes, H. Muirhead, G. P. S. Occhialini e C. F. Powell, que foi publicado em 24 de maio de 1947 na Revista *Nature*, com o título “Processes involving charged mesons”.

Nature 159: 694-7, May 24, 1947

PROCESSES INVOLVING CHARGED MESONS

By DR. C. M. G. LATTES, H. MUIRHEAD,

DR. G. P. S. OCCHIALINI and

DR. C. F. POWELL

H. H. Wills Physical Laboratory, University of Bristol

IN recent investigations with the photographic method^{1,2}, it has been shown that slow charged particles of small mass, present as a component of the cosmic radiation at high altitudes, can enter nuclei and produce disintegrations with the emission of heavy particles. It is convenient to apply the term ‘meson’ to any particle with a mass intermediate between that of a proton and an electron. In continuing our experiments we have found evidence of mesons which, at the end of their range, produce secondary mesons. We have also observed transmutations in which slow mesons are ejected from disintegrating nuclei. Several features of these processes remain to be elucidated, but we present the following account of the experiments because the results appear to bear closely on the important problem of developing a satisfactory meson theory of nuclear forces.

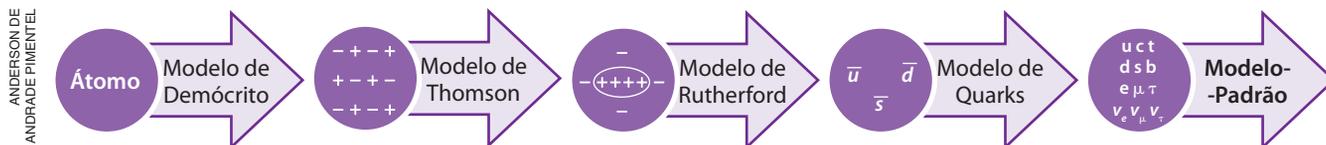
[...]

H. MUIRHEAD, C. M. G. LATTES; OCCHIALINI, G. P. S.; POWELL, C. F.
Processes involving charged mesons. *Nature*, 159: 694-7, maio 24, 1947.

Outra possibilidade de exploração desse episódio histórico é fazer uma articulação ou dar continuidade à Atividade 2 a partir da problematização do caminho trilhado para a descoberta do méson pi, que partiu de uma teoria para buscar resultados experimentais.

Além disso, na discussão com os estudantes, é importante que o professor de Física evidencie que o caminho trilhado para a detecção do méson pi desencadeou o processo de detecção de muitas outras partículas desconhecidas nos anos seguintes e provocou a revisão dos conceitos que estavam estabelecidos sobre a estrutura da matéria. Uma das consequências foi questionar a ideia de partícula elementar como algo

indivisível, levando ao questionamento da possibilidade de os prótons, elétrons e outras partículas terem uma estrutura interna, ou seja, serem formadas de partículas ainda menores. Foi esse questionamento que nos levou à construção da teoria dos quarks e ao **Modelo-Padrão** anos depois.



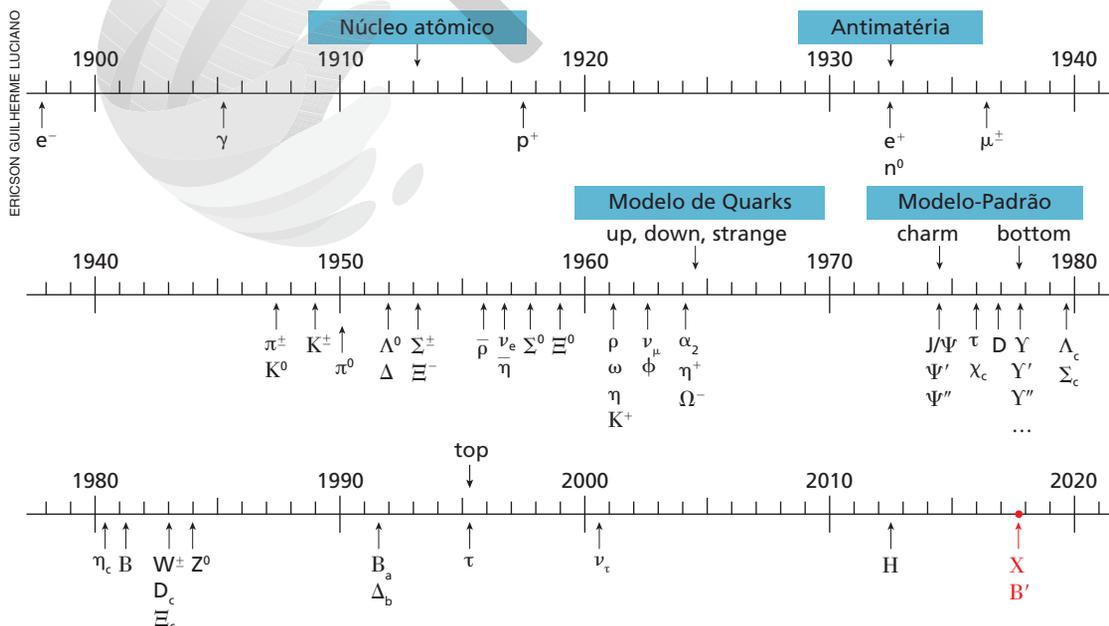
Modelos atômicos do fim do séc. V a.C. até o início do séc. XX.

Linha do tempo de detecção de partículas

Atividade 4

Propomos aos professores que convidem os estudantes para a elaboração de uma linha do tempo da descoberta das partículas. A primeira etapa seria construir a linha com dados obtidos até o meio do século XX. O levantamento sobre as descobertas das muitas partículas permitirá aos estudantes a recuperação de parte da história dessas descobertas e a verificação, com a ajuda do professor, da evolução tecnológica que as propiciou. Assim, preparamos o caminho para a construção do **Modelo-Padrão**.

Fica a critério do grupo que a linha do tempo apresente apenas os nomes das partículas ou também os nomes dos cientistas envolvidos na descoberta delas. Os processos teóricos e/ou experimentais podem ser mostrados de forma resumida e, de modo alternativo, a linha do tempo pode indicar fatos históricos marcantes de cada época, com a orientação do professor de História, por exemplo. Ou seja, o conteúdo e a organização da linha do tempo devem ser definidos pelo grupo. Abaixo, temos um exemplo de linha do tempo que vai até os dias atuais. Mas sugerimos que a atividade seja feita em etapas, sendo a primeira com extensão até a década de 1960.

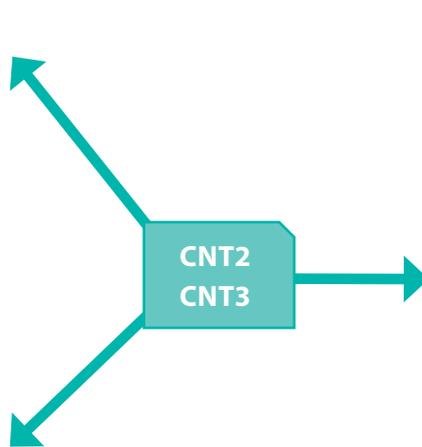


Exemplo de linha do tempo que pode ser construída pelos estudantes.

Com o desenvolvimento das quatro atividades deste bloco, pode-se mobilizar competências e habilidades diversificadas. Destacamos aqui as habilidades EM13CNT201, EM13CNT301 e EM13CNT304.

EM13CNT201
Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.

EM13CNT301
Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.



EM13CNT304
Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

Na continuidade do texto, apresentaremos atividades que permitem ao professor apresentar e discutir o Modelo de Quarks e o **Modelo-Padrão**.

Viagem virtual

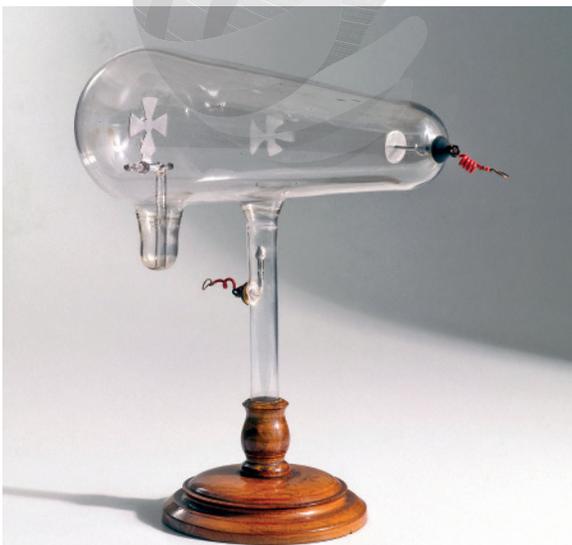
Atividade 5

Com uma pesquisa sobre as partículas descobertas até a década de 1960, é possível perceber que algumas foram descobertas com método similar ao que permitiu fazer a detecção do méson pi, e outras foram descobertas utilizando outras metodologias e equipamentos.

A quinta atividade que propomos neste capítulo consiste em uma viagem no tempo. Uma viagem virtual e temática, na qual os principais instrumentos utilizados na detecção de partículas seriam o tema.

Nessa viagem, a primeira parada seria no início da década de 1870, quando alguns pesquisadores, incluindo o físico inglês William Crookes, desenvolveram o tubo de Crookes, um dispositivo elétrico em um tubo de descarga, parcialmente no vácuo, por meio do qual foram descobertos os raios catódicos e também o elétron, como foi destacado em atividade anterior.

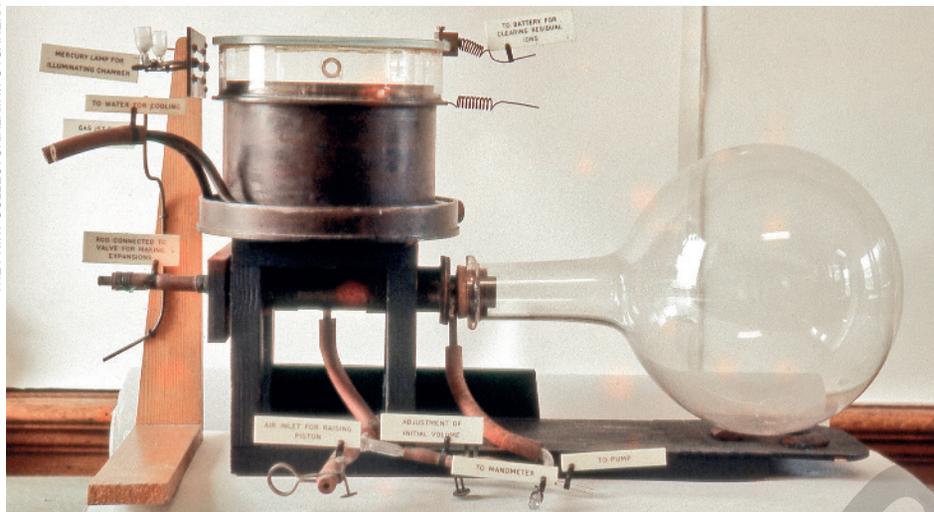
Tubo de Crookes, utilizado por J. J. Thomson, em 1998, na descoberta do elétron.



SSPL/GETTY IMAGES

A segunda parada poderia ser realizada no início do século XX para conhecer um aparato simples, inventado por Charles T. R. Wilson, na Universidade de Cambridge, em 1911. Esse aparato ficou conhecido como **câmara de Wilson** ou a **câmara de nuvens** e permite a observação de rastros de partículas provenientes de raios cósmicos.

THE PRINT COLLECTORIALAMY/FOTORENA



Câmara de Wilson.

AMPLIANDO CONHECIMENTOS

O Museu do Laboratório Cavendish pode ser conhecido em um *tour* virtual.

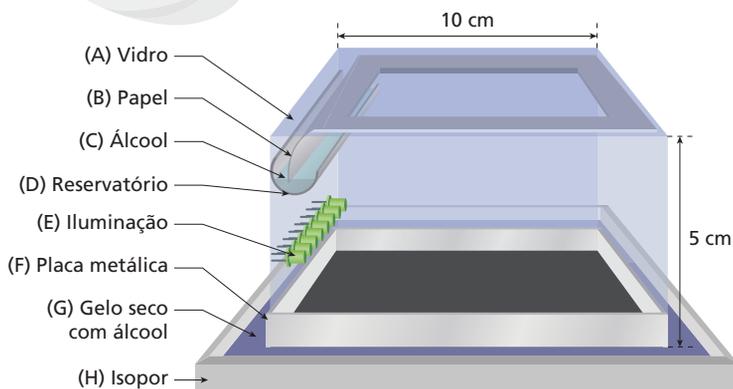
- THE MUSEUM AT THE CAVENDISH LABORATORY. Disponível em: <<http://www.cambridgephysics.org/museum/tour.htm>>. Acesso em: 18 out. 2020.

O princípio de funcionamento de uma câmara de nuvens é bastante simples. Consiste na ionização de um vapor saturado pela passagem de partículas dos raios cósmicos, produzindo rastros. O estudo desses rastros poderá indicar o tipo de partícula, carga elétrica, massa e/ou outras informações.

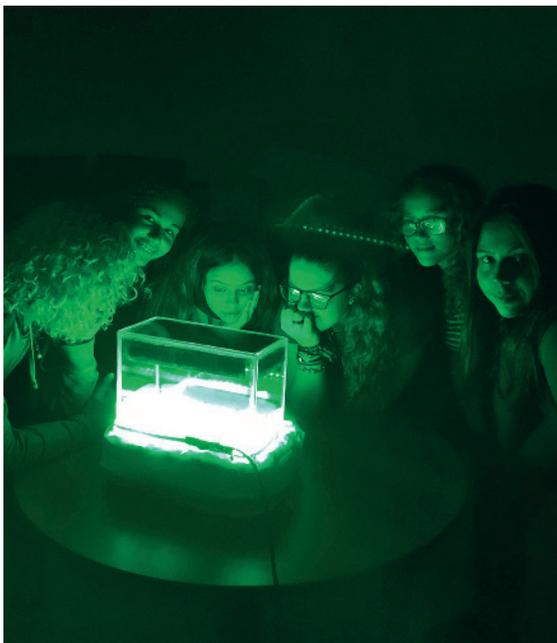
A câmara de nuvens é um dispositivo que pode ser construído pelos estudantes do Ensino Médio com materiais relativamente simples. Recomendamos, para tanto, que visite a página da internet:

- CLOUD Chamber – Construção. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/caiolagana/cloud-chamber-construcao>>. Acesso em: 18 out. 2020. Recomendamos, ainda, a leitura do artigo “Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo”, ambos de autoria de Caio Laganá.
- LAGANÁ, C. Estudo de raios cósmicos utilizando uma câmara de nuvens de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 302, 2011. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/333302.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2020.

ERICSON GUILHERME LUCIANO



Esquema de construção de uma câmara de nuvens.



Estudantes observando rastros em uma câmara de nuvens.

MODERNA

Na primeira imagem vemos traços retos, que são característicos de partículas muito energéticas (energia > 100 MeV). Nessa imagem, duas partículas energéticas atravessaram a câmara de nuvens simultaneamente; não há interação entre elas. Na segunda imagem vemos um traço formado por uma partícula de baixa energia (energia ≈ 0.05 MeV). Sua principal característica é a grande quantidade de desvios na trajetória.

Sugerimos que a terceira parada seja em 1952 para conhecer a **câmara de bolhas** inventada por D. A. Glaser. O princípio de funcionamento da câmara de bolhas deve-se ao comportamento de líquidos submetidos à alta pressão. Se um líquido estiver sob pressão maior que a pressão atmosférica, ainda que esteja na temperatura de ebulição, ele não vai ferver. Se a pressão em excesso é reduzida, o líquido ferve. Entretanto, a fervura pode não começar imediatamente e diz-se, então, que ele está num estado superaquecido. Uma partícula carregada atravessando o líquido deixa um rastro de íons no líquido, que agem como centros de ebulição nesse estado superaquecido. Os estágios iniciais envolvem o crescimento de bolhas sobre os íons. Essas bolhas podem ser fotografadas com *flashes*. O resultado é uma fotografia mostrando pequenas bolhas ao longo de trajetórias das partículas carregadas que atravessaram o líquido. A imagem a seguir mostra traços gerados por diferentes partículas, o que pode ser comprovado pelas diferentes trajetórias, ora retilíneas, ora curvadas para a direita, ora curvadas para a esquerda.

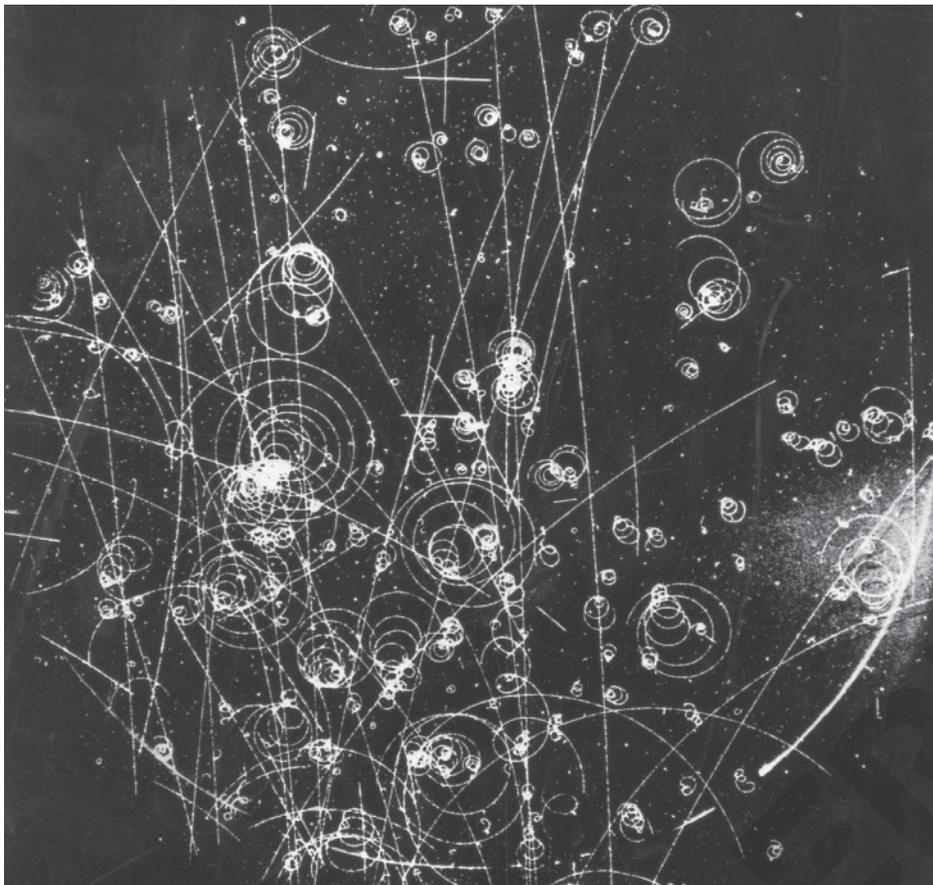


Imagem de uma cascata de partículas produzida em uma câmara de bolhas no Brookhaven National Laboratory, EUA.

A quarta e última parada dessa viagem poderia ter como objetivo conhecer um acelerador de partículas, instrumento que permitiu dar um salto significativo na descoberta de novas partículas. Para entender a importância desse salto quantitativo, basta observarmos a linha do tempo mostrada na Atividade 4. Na década de 1950, o número de partículas detectadas é comparável ao número das partículas detectadas nas cinco décadas anteriores somadas.

Hoje existem muitos aceleradores de partículas em funcionamento. O primeiro a ser construído foi o tubo de raios catódicos, já mencionado. A partir da década de 1930, aceleradores cada vez maiores foram projetados, visando ao alcance de energias mais altas. Um desses aceleradores foi o Cosmotron, construído no Brookhaven National Laboratory, nos Estados Unidos. Era um acelerador circular, onde as partículas percorriam uma trajetória fechada. A curvatura na trajetória era causada por um campo magnético intenso.

Embora outros aceleradores já estivessem em funcionamento, o Cosmotron foi extremamente importante, pois possibilitou acelerar prótons a energias comparáveis às dos raios cósmicos, razão do seu nome, atingindo a máxima energia em 1953. Nesse acelerador, partículas detectadas em raios cósmicos foram vistas pela primeira vez em laboratório. Dessa forma, as metodologias e instrumentos para fazer observação de partículas provenientes de raios cósmicos foram direcionados progressivamente para os aceleradores.

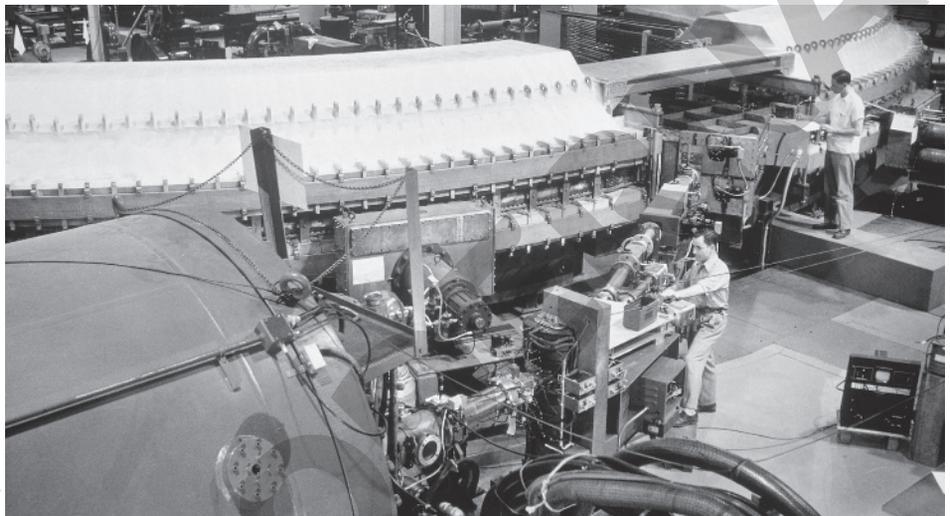
O Cosmotron esteve em funcionamento até 1966. Outros aceleradores, lineares e circulares, substituíram-no em importância na história. Atualmente, o maior acelerador do mundo também acelera as partículas em uma trajetória circular fechada, o Large Hadron Collider (LHC), no CERN, localizado na fronteira entre Suíça e França.

AMPLIANDO CONHECIMENTOS

Sugerimos a leitura do artigo “As partículas estranhas e as ressonâncias”. O autor discute sobre a detecção de partículas das décadas de 1950 e 1960 e apresenta dados históricos sobre o envolvimento de pesquisadores brasileiros no desenvolvimento da Física de Partículas.

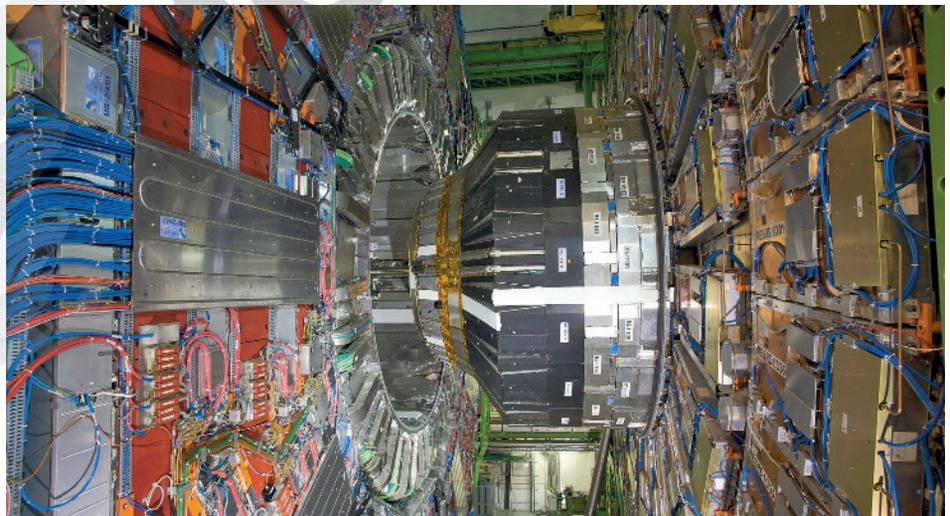
- BASSALO, J. M. F. **As partículas estranhas e as ressonâncias**. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol03a25.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2020.

Cosmotron no Laboratório Nacional de Brookhaven, situado em Upton (Nova York), Estados Unidos.



SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Parte do detector CMS (*Compact Muon Solenoid*) no CERN. O detector está esperando para ser colocado em torno do LHC, o acelerador de partículas de maior energia do CERN.



SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Para encerrar esta atividade, sugerimos que o professor desenvolva, em colaboração com os estudantes, uma análise comparativa das figuras acima, discutindo as diferenças entre o Cosmotron e o LHC. É interessante notar o tamanho relativo dos pesquisadores em relação aos equipamentos que aparecem na primeira imagem.

Atividade 6

A última atividade deste capítulo tem como objeto o **Modelo-Padrão das Partículas Elementares**. Além de elementos sobre a construção do MP, apresentamos nesta atividade dois jogos que podem ajudar na aprendizagem de características dos quarks, partículas fundamentais no Modelo.

É interessante entender que o MP foi a resposta a uma necessidade. Até 1947, eram consideradas como partículas elementares detectadas: o fóton, o elétron, o pósitron, os mésons, o próton e o nêutron. Além dessas, eram previstas, teoricamente: o neutrino, o antineutrino, o antipróton e o antinêutron. Também já existiam evidências experimentais de que outras partículas deveriam existir. Foi o aumento do número de partículas detectadas na década de 1950 que gerou a necessidade de organização delas, de forma análoga ao que ocorreu com os elementos químicos.

Como vimos, a Tabela Periódica apresentou uma organização dos elementos químicos em famílias, cujas características e propriedades se assemelham, e a partir da qual foi possível prever a existência de outros elementos. A mesma ideia, utilizada para organização das partículas, resultou no Modelo de Quarks e, posteriormente, no **Modelo-Padrão**. Assim, podemos dizer que o **Modelo-Padrão das Partículas Elementares** é a “Tabela Periódica” para as interações da natureza.

Para entender a multiplicidade de partículas descobertas nos aceleradores, em 1964, Gell-Mann e Zweig, de maneira independente, propuseram um modelo ousado no qual existiriam três partículas, todas com carga elétrica fracionária (número não inteiro da carga do elétron) e com número quântico bariônico fracionário, que dariam origem às várias partículas observadas. Gell-Mann chamou essas partículas de quarks, e o modelo ficou conhecido como Modelo de Quarks. De acordo com esse modelo, a combinação de dois quarks daria origem aos mésons, a combinação de três quarks, aos bárions, e o conjunto de todas as partículas formadas pelos quarks, aos hádrons.

O Modelo de Quarks funcionou bastante bem para organizar as partículas conhecidas até aquele momento. Porém, com a descoberta de novas partículas, o modelo precisou ser revisto e ampliado. Uma nova proposta, então, foi construída por Weinberg, Glashow e Salam, e foi chamada de **Modelo-Padrão**. Nela podemos observar três grandes grupos de partículas, além do Bóson de Higgs. Um desses grupos é formado pelas partículas chamadas de léptons, agrupadas em três famílias diferentes. Outro grupo é formado pelos quarks, também agrupados em três famílias diferentes. O terceiro grupo é composto de bósons vetoriais.

Assim, como síntese, foi criada uma “Tabela Periódica” das partículas. Ela não apresenta todos os elementos do **Modelo-Padrão**, mas reúne as partículas elementares e suas principais características.

| | | | | | | |
|--------|--|---|--|---|---|--|
| QUARKS | UP mass 2,3 MeV/c ² charge ⅔ spin ½ u | CHARM 1,275 GeV/c ² ⅔ ½ c | TOP 173,07 GeV/c ² ⅔ ½ t | GLÚON 0 0 1 g | BÓSON DE HIGGS 126 GeV/c ² 0 0 H | |
| | DOWN 4,8 MeV/c ² -⅓ ½ d | STRANGE 95 MeV/c ² -⅓ ½ s | BOTTOM 4,18 GeV/c ² -⅓ ½ b | FÓTON 0 0 1 γ | | |
| | LÉPTONS | ELÉTRON 0,511 MeV/c ² -1 ½ e | MUON 105,7 MeV/c ² -1 ½ μ | TAU 1,777 GeV/c ² -1 ½ τ | Z BOSON 91,2 GeV/c ² 0 1 Z | |
| | | ELÉTRON NEUTRINO <2,2 eV/c ² 0 ½ ν_e | MUON NEUTRINO <0,17 MeV/c ² 0 ½ ν_μ | TAU NEUTRINO <15,5 MeV/c ² 0 ½ ν_τ | W BOSON 80,4 GeV/c ² ±1 1 W | |
| | | | | | | |

Modelo-Padrão das Partículas Elementares.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Cada um desses componentes tem sua massa, carga e *spin* identificados e apresentados em unidades com as quais os físicos da área de Partículas Elementares expressam as respectivas grandezas. Comparada com a Tabela Periódica dos elementos químicos, observamos que ela é bem menor, com menos componentes, embora a quantidade de partículas que se formam a partir da combinação dos quarks seja enorme.



Cada grupo de partículas elementares, denominado anteriormente, tem características próprias. Abaixo estão resumidas as características dos léptons.

| LÉPTONS | | |
|---|---|---|
| São férmions, ou seja, tem <i>spin</i> semi-inteiro, formam três famílias compostas de uma partícula carregada e seu respectivo neutrino. | | |
| 1ª Família: elétron e o respectivo neutrino | 2ª Família: múon e seu respectivo neutrino | 3ª Família: tau e seu respectivo neutrino |
| O elétron é uma partícula estável, compõe a eletrosfera dos átomos e é responsável pelas ligações químicas. | O múon e o tau são partículas mais pesadas e instáveis e se desintegram dando origem a partículas mais leves. | |

A seguir estão resumidas as características dos bósons vetoriais.

| BÓSONS | |
|---|--|
| Têm <i>spin</i> inteiro e são as partículas que intermedeiam as interações fundamentais. Cada uma das interações tem suas partículas correspondentes. | |
| Glúons | Responsável pela interação forte. Os glúons são de oito tipos diferentes. A interação forte é a responsável por manter os quarks ligados, formando os hádrons. Sua intensidade é cem vezes maior que a da interação eletromagnética. |
| Fóton | Responsável pela interação eletromagnética. O fóton não possui massa nem carga elétrica. |
| W e Z | Responsáveis pela interação fraca. Os Bóson W e Z têm alcance cerca de mil vezes menor que o núcleo atômico, e sua intensidade é cerca de dez mil vezes menor que a da interação eletromagnética. |
| Higgs | Essa partícula foi proposta na década de 1960 como a partícula que surge no mecanismo de geração da massa de todas as partículas elementares do MP. O Bóson de Higgs era alvo de pesquisas nos aceleradores de todo o mundo e foi detectado no CERN, o laboratório europeu onde se localiza o Large Hadron Collider (LHC), em 2012. |

COMPLEMENTANDO

Por simetria, deveria existir uma partícula responsável pela interação gravitacional. O suposto gráviton tem sido buscado, mas essa partícula não foi detectada até o momento. No MP não há descrição para a interação gravitacional.

O terceiro grupo de partículas do MP, os quarks, tem as principais características apresentadas a seguir.

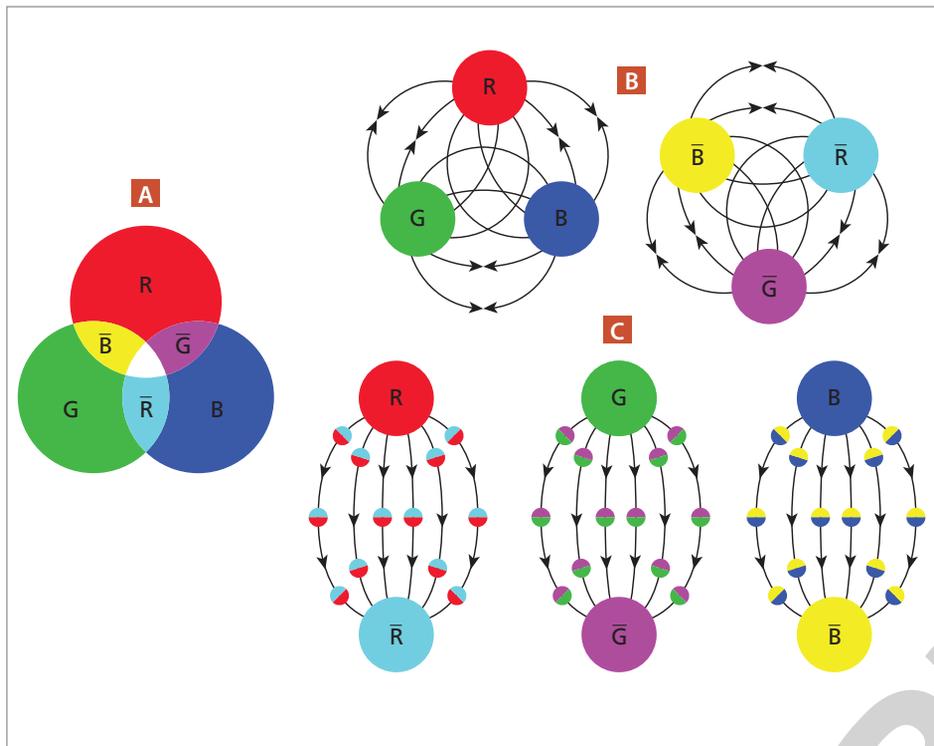
| QUARKS | | |
|---|--|---|
| São férmions, formam os hádrons e não são observados livremente. Possuem carga elétrica fracionária e possuem carga de cor, que está associada à interação forte. Além da interação forte, os quarks também interagem fraca e eletromagneticamente. | | |
| 1ª Família: <i>up</i> e <i>down</i> | 2ª Família: <i>charm</i> e <i>strange</i> | 3ª Família: <i>top</i> e <i>bottom</i> |
| Os quarks u e d formam os prótons e os nêutrons. Essa primeira família dos quarks e a primeira família dos léptons são responsáveis por toda a matéria estável conhecida. | Hádrons que incluem em sua formação quarks da segunda e/ou da terceira família são instáveis, ou seja, sempre decaem em partículas mais leves. | |

Alguns professores podem estar familiarizados com a existência e as características dessas partículas do MP e outros não. O mesmo se aplica aos estudantes da Educação Básica. O Bóson de Higgs pode ser conhecido de nome por muitos, mas termos como férmions e/ou hádrons podem ser desconhecidos da maioria.

Entre as características de algumas das partículas elementares, talvez a mais desconhecida dos estudantes seja a carga de cor. Vamos tratar desse conceito mais detalhadamente (sem a pretensão de esgotar o assunto) e apresentar recursos que podem ser utilizados no Ensino Médio com a finalidade didática de apresentá-lo.

A carga de cor dos quarks é uma característica associada à interação forte, enquanto a carga elétrica é uma característica associada à interação eletromagnética. Os glúons, responsáveis pela interação forte, carregam a informação da carga de cor. O sistema de cores é o RGB (Red-Green-Blue), em português, vermelho, verde e azul; e as respectivas anticolors são ciano (\bar{R}), magenta (\bar{G}) e amarelo (\bar{B}).

Uma característica fundamental no caso das partículas elementares é que os hádrons têm sempre carga elétrica não fracionária e carga de cor nula. Hádrons podem ser formados pela combinação de um quark e um antiquark, conhecidos como mésons, que têm carga de cor e anticor que se neutralizam. Os hádrons também podem ser formados pela combinação de três quarks, são os bárions, cujas diferentes cargas de cor ou de anticor se neutralizam. Mésons e bárions têm carga elétrica de valor inteiro ou nulo.



Na figura A, temos as cores e anticores combinadas para a formação da cor neutra. A figura B, apresenta a combinação de cores e a combinação de anticores, para a formação de um bárion. Na figura C, temos as combinações possíveis de cor e anticor para a formação de um méson.

A partir do conhecimento de que existem seis tipos diferentes de quarks e seus respectivos antiquarks, que existem três diferentes cores e 3 diferentes anticores e da apresentação desse esquema sobre possibilidades de combinação de carga de cor dos quarks, você pode estar se perguntando: **quantas partículas distintas podem ser formadas com combinações diferentes de quarks e antiquarks?**

Como havíamos mencionado anteriormente, as partículas podem se desintegrar transformando-se em outras partículas. A observação desses processos em aceleradores de partículas permitiu a descoberta de uma quantidade imensa de partículas até o momento. O que vai determinar quais partículas surgirão de uma colisão em um acelerador depende da quantidade de energia e do momento disponíveis e qual é o tipo de interação possível nesse contexto. Para exemplificar, quando um elétron colide com um pósitron, as interações possíveis são a eletromagnética, e a interação fraca. No caso da colisão de dois prótons, qualquer uma das interações (forte, fraca ou eletromagnética) pode induzir o surgimento de diferentes partículas.

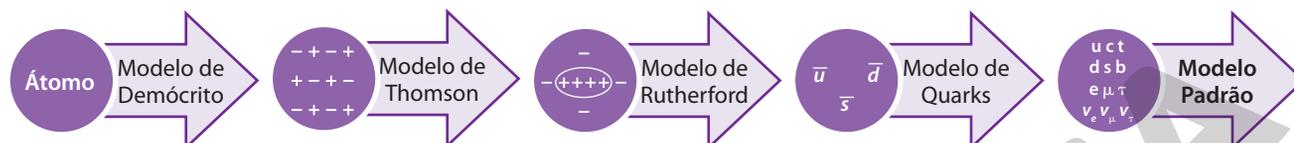
AMPLIANDO CONHECIMENTOS

Sugerimos uma consulta à página do Particle Data Group, em que é possível encontrar informações detalhadas sobre todas as partículas descobertas até o momento. O *site* é atualizado periodicamente e contém várias informações relacionadas à área de Física de Partículas Elementares:

- PARTICLE DATA GROUP. Disponível em: <<https://pdg.lbl.gov/>>. Acesso em: 18 out. 2020.

Com todas essas partículas e interações possíveis, você pode imaginar quão desafiador é pensar em uma formulação tão simples e ao mesmo tempo tão completa. O MP possibilita calcular as possibilidades de geração de diferentes partículas e a quantidade esperada de partículas a serem geradas em uma colisão. Esses são aspectos que fazem dele o modelo mais completo, entre todos aqueles já construídos, para explicar a constituição da matéria. Assim, a melhor resposta que construímos até o momento para a pergunta “Do que as coisas são feitas?” é dada pelo MP: **toda a matéria que vemos ao nosso redor é constituída de quarks *up* e *down* e de elétrons.**

ANDERSON DE
ANDRADE PIMENTEL



Modelos atômicos do fim do séc. V a.C. até o início do séc. XX.

Construindo hádrons com auxílio de jogos

Para auxiliar os estudantes no entendimento de como os quarks se combinam para dar origem aos hádrons e quais as quantidades importantes que devem ser observadas na formação desses hádrons, propomos a utilização de um jogo de cartas e um jogo de dados.

O baralho de cartas foi idealizado pelo professor brasileiro Helio Takai, do Brookhaven National Laboratory dos Estados Unidos. Ele foi projetado para jogar pôquer, mas pode ser utilizado para outros jogos de cartas, dependendo das adaptações criadas pelos jogadores. O jogo de pôquer permite mobilizar os conhecimentos sobre conservações de carga elétrica e **carga cor** para a formação de hádrons.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Modelo de cartas do baralho das partículas elementares, idealizado pelo professor Helio Takai.

O jogo consiste na formação de mésons e/ou bárions que somem a maior massa possível. As rodadas seguem as regras do jogo de pôquer, e o ganhador do jogo é aquele que acumula todas as fichas jogadas.

Utilize o jogo como instrumento de avaliação dos estudantes no tocante à observação das leis de conservação consideradas na formação dos hádrons. Você pode observar a evolução dos jogadores e verificar se a carga de cor neutra, por exemplo, está sendo considerada na formação de hádrons. O exercício de avaliação proposto abrange dois aspectos, a autoavaliação e a avaliação em grupo. Assim, a interação social é incentivada, e os estudantes podem desenvolver a habilidade de colaboração, além de trabalharem em uma avaliação em grupo. Isso pode contribuir para estabelecer uma relação com os processos avaliativos de forma diferente da tradicional.

Outra sugestão de recurso para exercitar a formação de hádrons com a combinação de diferentes quarks e os respectivos números quânticos de cor e anticor é o jogo de dados dos quarks. São dois conjuntos de três dados, cada dado com uma cor e anticor, e cada face contém o símbolo associado a um dos quarks e antiquarks, respectivamente. A regra básica do jogo é arremessar os seis dados ao mesmo tempo e, a partir do resultado, verificar a formação de hádrons. O número de rodadas e outras possibilidades de jogadas podem ser definidas pelos jogadores.

Para a verificação dos hádrons formados, pode-se estabelecer um quadro com os hádrons que serão considerados ou, o que seria mais amplo, consultar o *site* do Particle Data Group, que é o órgão responsável pela organização da informação sobre todas as partículas conhecidas. Ali será possível encontrar todos os hádrons conhecidos, separados em dois grupos: bárions e mésons.

O jogo de dados também pode ser utilizado como instrumento de avaliação, da mesma forma que sugerimos para o caso das cartas de baralho, uma vez que, com esses recursos, o professor pode desenvolver o conteúdo relacionado a partículas elementares, por meio de trabalho em grupo, discussão sobre as características das partículas e incentivo ao uso da internet para consulta a *sites* confiáveis, nos quais as informações sobre as partículas elementares são apresentadas a partir dos resultados obtidos nos laboratórios de todo o mundo.

Para encerrar os estudos sobre os diferentes modelos de explicação da constituição da matéria, sugerimos ao professor que enfatize, embora vários processos possam ser entendidos à luz do MP, que este é um modelo também limitado. O professor pode, ainda, incentivar os estudantes a pesquisar as questões que não são respondidas pelo MP, bem como as extensões desse modelo que têm sido propostas desde a década de 1970. Ao discutir os limites do MP, os estudantes podem antever a possibilidade de sua superação futura por um modelo mais completo. Assim, a limitação e a possibilidade de ampliação do modelo podem evidenciar o caráter temporário das verdades científicas.

COMPLEMENTANDO

Mais informações sobre o jogo podem ser encontradas na página do International Particle Physics Outreach Group (CERN):

- INTERNATIONAL PARTICLE PHYSICS OUTREACH GROUP. **The quark card game.** Disponível em: <<http://ippog-static.web.cern.ch/ippog-static/resources/2011/quark-card-game.html>>. Acesso em: 18 out. 2020.

Conjunto de dados para o jogo da formação de hádrons.

