CURRÍCULO PAULISTA

# APRENDER SEMPRE

## Caderno do Professor

# Física

*3ª Série - Volume 2*

SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Secretaria de Educação

2021

**Governo do Estado de São Paulo**

Governador
**João Doria**

Vice-Governador
**Rodrigo Garcia**

Secretário da Educação
**Rossieli Soares da Silva**

Secretário Executivo
**Haroldo Corrêa Rocha**

Chefe de Gabinete
**Renilda Peres de Lima**

Coordenador da Coordenadoria Pedagógica
**Caetano Pansani Siqueira**

Presidente da Fundação para o Desenvolvimento da Educação
**Nourival Pantano Junior**

# Olá, Professor(a)!

Nesta Sequência de Atividades, propomos um trabalho sobre ondas eletromagnéticas, suas principais características, os diferentes tipos de radiação a elas associadas, assim como as respectivas aplicações cotidianas e os efeitos sobre o corpo humano. Isso é feito tendo em vista as habilidades previstas para a 3ª série do EM. Tais atividades têm o intuito de promover a compreensão dos conceitos e fenômenos físicos ligados ao tema abordado, sua presença e aplicação em fenômenos e tecnologias do nosso cotidiano e da sociedade contemporânea como um todo. Dessa forma, é esperado também que o estudante se torne capaz de avaliar os efeitos que os diferentes tipos de radiação podem ter no ambiente em que vivemos e no nosso corpo. Por fim, buscamos propor aulas e atividades que potencializem a interação entre professor-estudante e estudante-estudante, promovendo aprendizado mútuo e coletivo, um espaço propício para a manifestação dos estudantes que contribua para o desenvolvimento de habilidades e competências socioemocionais, que dizem respeito à cooperação, à empatia, à argumentação e à comunicação, entre outras.

Vale ressaltar que os estudantes devem chegar ao fim da Sequência de Atividades sendo capazes de reconhecer e aplicar conceitos, propriedades e procedimentos em contextos que envolvem as diferentes formas de radiação, suas propriedades e os impactos ambientais e sociais envolvidos no processo.

A escolha das habilidades propostas para esta Sequência de Atividades foi feita considerando a recuperação e o aprofundamento de conhecimentos. Dessa forma, indicamos as habilidades essenciais previstas para o terceiro bimestre da 3ª série EM que serão explicitadas no início das aulas, assim como as habilidades de séries anteriores do EM (Currículo do Estado de São Paulo, 2011) e de anos finais do Ensino Fundamental (Currículo Paulista, 2019) aqui apontadas como suporte. A saber:

- **2ª série EM:** *identificar a luz no espectro de ondas eletromagnéticas, diferenciando as cores de acordo com as frequências. Utilizar o modelo eletromagnético da luz como uma representação possível das cores na natureza (Currículo do Estado de São Paulo – quarto bimestre);*
- **SARESP**
  **(H41):** *identificar os principais meios de propagação e detecção de ondas eletromagnéticas*

Por causa da crise sanitária em decorrência da pandemia da Covid-19, a Sequência de Atividades deve ser desenvolvida considerando os protocolos de higiene e distanciamento social, mas favorecendo a interação, o compartilhamento de conhecimentos e a colaboração.

As atividades estão organizadas, conforme o planejamento a seguir:

## Anotações

| AULA/TEMPO | ATIVIDADE |
|---|---|
| **Aula 1** | Ondas eletromagnéticas e respectivas propriedades |
| **Aulas 2 e 3** | Conhecendo o espectro eletromagnético e suas aplicações |
| **Aulas 4 e 5** | Emissão e absorção de radiação |
| **Aula 6** | Retomando e aplicando conceitos, avaliando aprendizagens |

Professor(a), a sequência aqui apresentada é mais uma ferramenta de apoio ao processo ensino-aprendizagem que será utilizada em conjunto com o material SP Faz Escola, elaborado pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Porém, faz-se necessário incluir outras possibilidades e diferentes recursos ao elaborar o seu planejamento.

**Desejamos a você e aos nossos estudantes um ótimo trabalho!**

# AULA 1
## *Ondas Eletromagnéticas e Respectivas Propriedades*

**Habilidade essencial:** Identificar diferentes radiações presentes no cotidiano, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético e sua utilização por meio das tecnologias a elas associadas (rádio, radar, forno de micro-ondas, raios X, tomografia, *laser*, etc.).

### OBJETIVO DA AULA

Compreender o conceito de onda eletromagnética e suas principais propriedades (comprimento de onda, frequência, velocidade, energia), e a relação entre elas.

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Inicialmente, os estudantes podem ser organizados individualmente ou em duplas para observação da demonstração feita pelo(a) professor(a) e apresentação inicial sobre ondas eletromagnéticas. Se preferir, você pode organizá-los em duplas ou trios, propor que eles mesmos façam a atividade proposta e só depois realizar a exposição e debate com toda a turma. No fim da aula, proponha que eles se organizem em sete grupos para o desenvolvimento de uma pesquisa a ser apresentada na **Aula 2**. É importante lembrar que é sempre necessário manter os protocolos de higiene e distanciamento social em decorrência da pandemia da Covid-19.

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Caderno do Estudante;*
- *2 telefones celulares que funcionem corretamente; e*
- *Papel-alumínio.*

### INICIANDO

Professor(a), apresente aos estudantes os objetivos de aprendizagem da aula 1. Registre-os na lousa/quadro para uma retomada no fim da aula com o intuito de verificar se foram atingidos.

**Na Aula 1**, abordaremos o conceito de onda eletromagnética e as principais propriedades, como amplitude, comprimen-

# AULA 1

## *Ondas Eletromagnéticas e Respectivas Propriedades*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Compreender o conceito de onda eletromagnética e suas principais propriedades (comprimento de onda, frequência, velocidade, energia) e a relação entre elas.*

### O QUE É UMA ONDA ELETROMAGNÉTICA?

Você já pensou sobre o que define uma onda? Se pararmos para pensar, veremos que utilizamos esse mesmo termo em situações muito distintas. Podemos nos referir a ondas do mar ou ondas em uma corda, por exemplo. Também usamos o termo "onda" para fazer uma referência a um modismo ou tendência de comportamento, intensa, porém passageira. Podemos dizer, por exemplo, que "a onda agora é gostar dessa ou daquela banda". Por fim, você já deve ter aprendido que a luz, tão presente no nosso dia a dia, também é uma onda. Mas o que essas situações têm em comum?

Na Física, denominamos onda os fenômenos nos quais há a propagação de energia sem que haja propagação de matéria. Se observarmos uma onda do mar ou ondas em um lago, por exemplo, veremos que há um movimento vertical da água, que oscila para cima e para baixo. Ele pode ser melhor verificado se colocarmos uma rolha na água, ou mesmo observarmos um barco ou uma boia: ao passar pela onda, a água, a rolha, boia ou barco, se moverá para cima e para baixo, mas não se deslocará na direção horizontal. Assim, enquanto cada ponto na água, ao passar da oscilação, o pulso de onda se move na horizontal, no geral em direção à praia. Ela leva consigo uma determinada quantidade de energia cinética, associada ao movimento oscilatório da água e dos objetos que estão sobre ela. Ou seja: a onda propaga energia cinética do fundo do mar em direção à praia, mas sem que haja deslocamento de água ou outro tipo de matéria nessa direção. Dinâmica semelhante ocorre se observarmos ondas em uma corda. Se amarrarmos um laço em um ponto da corda, veremos que ele subirá e descerá, na vertical, enquanto cada pulso de onda se desloca na direção horizontal: a corda transmite energia cinética na direção horizontal sem que haja deslocamento de matéria nessa direção.

Créditos: Freepik.

Ao produzirmos ondas em uma corda, cada pedaço dela se movimenta para cima e para baixo sem se deslocar na horizontal. O pulso, no entanto, desloca-se nessa direção, carregando com ele energia cinética.

to de onda, frequência e velocidade, bem como as relações entre elas. Ela está organizada da seguinte forma: na **Atividade 1**, os estudantes são convidados a pensar sobre as ondas eletromagnéticas e identificar as respectivas características a partir da leitura do texto e debate com a turma. Já a **Atividade 2** envolve apenas a divisão da turma em grupos e uma rápida reunião destes, para que eles se planejem para realizar as pesquisas e seminários que serão apresentados nas **Aulas 2 e 3.** Neste momento, seu papel será orientar os estudantes sobre a pesquisa que deve ser realizada e os seminários que serão apresentados, assim como na divisão dos grupos, garantindo que todos os tipos de radiação sejam contemplados, e que os grupos tenham aproximadamente o mesmo número de estudantes. Sugerimos que, antes da realização das atividades, você faça, em caráter demonstrativo, uma atividade experimental bastante simples que permita introduzir o tema.

Para tal, serão necessários dois telefones celulares que funcionem corretamente e um pedaço de papel-alumínio. Inicialmente, ligue de um dos telefones (chamaremos esse de A) para o outro (chamaremos esse de B). Certifique-se de que todos escutaram o telefone B tocando. Se preferir, você pode solicitar que um estudante faça a ligação para mobilizar a participação da turma. Em seguida, embrulhe o telefone B no papel-alumínio e tente novamente fazer a ligação. Você e os estudantes notarão que o telefone não tocará e a chamada cairá na caixa postal. Questione-os sobre por que eles acham que isso ocorreu e conduza o debate de forma que percebam que, de alguma forma, o papel- alumínio impediu que a informação da chamada, ou o "sinal" a ela associado, chegasse ao telefone B. A partir desse exemplo, apresente, então, que esse "sinal" é uma onda eletromagnética e que será esse o tema que vocês discutirão nesta e nas próximas aulas.

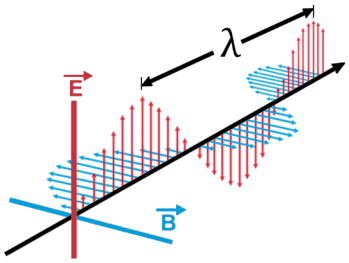
## DESENVOLVENDO

Após a introdução, solicite a leitura do texto presente no Caderno do Estudante: "O que é uma onda eletromagnética?". Peça que os estudantes façam-na em duplas, discutam sobre o que entenderam e registrem dúvidas ou elementos que não tenham compreendido. Em seguida, promova a discussão sobre o que são e as principais características e propriedades das ondas eletromagnéticas. Trabalhe com os conhecimentos prévios sobre o tema, envolvendo o que os estudantes já sabem tanto sobre campos elétricos e magnéticos quanto sobre ondas como um todo. Discuta os conceitos de amplitude, período, comprimento, frequência e velocidade de uma onda, apontando semelhanças e diferenças entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, dando exemplos de fenômenos que envolvam tanto umas quanto outras. Por fim, apresente e discuta a relação matemática entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Destaque, em especial, a dependência da energia de uma onda com sua frequência. Embora desejemos tratá-la aqui apenas de forma qualitativa e manter uma abordagem ondulatória da luz, você pode utilizar a **ATIVIDADE 3**, página 45, do Caderno SP Faz Escola, volume sobre efeito fotoelétrico para fundamentar a sua exposição.



E no caso das ondas eletromagnéticas? O que está oscilando? Diferentemente dos exemplos fornecidos, ambas as ondas, mecânicas e eletromagnéticas, não precisam de um meio material para que se propaguem. Isso porque consistem em oscilações de campos elétricos e magnéticos que se propagam pelo espaço mesmo que não haja matéria alguma. Por conta da dinâmica descrita pelas Equações de Maxwell, a variação temporal no campo elétrico gera um campo magnético, cuja variação, por sua vez, gera um campo elétrico. Esse mecanismo dá origem a campos elétricos e magnéticos que se propagam pelo espaço, gerando assim, uma onda eletromagnética. Isso porque, novamente, é transmitida energia (no caso, eletromagnética) sem que haja transporte de matéria. As ondas eletromagnéticas podem ter diferentes frequências e comprimentos de ondas e tem a velocidade no vácuo de $3\times8^{10}$m/s (velocidade da luz), representada usualmente pela letra c.

O que dá início ao processo é a oscilação de uma partícula com carga elétrica, que gera justamente uma variação inicial no campo elétrico presente no espaço. Na figura a seguir podemos ver uma representação do processo de propagação de campos elétricos e magnéticos envolvidos nesse tipo de onda.




Créditos: Pixabay

Como toda onda, existem algumas grandezas determinantes na descrição das ondas eletromagnéticas.

- **Período (T):** *o tempo necessário para que a onda complete uma oscilação completa.*
- **Frequência:** *o número de vezes que a onda em questão oscila em um determinado intervalo de tempo. A unidade para frequência no Sistema Internacional de Unidades é o hertz, sendo que 1Hz=1 oscilação/segundo.*
- **Comprimento de onda:** *é a distância entre dois pontos consecutivos e equivalentes do espaço na onda. No caso de uma onda mecânica, isso equivale a dois pontos consecutivos que realizam o mesmo movimento. No caso das ondas eletromagnéticas, isso equivale a dois pontos consecutivos nos quais a variação dos campos envolvidos é idêntica.*
- **Velocidade:** *a velocidade com a qual cada pulso de onda se desloca pelo espaço.*
- **Amplitude:** *é associada ao tamanho da perturbação gerada. No caso das ondas eletromagnéticas, isso corresponde à intensidade dos campos elétricos e magnéticos gerados.*

## FINALIZANDO

Após o debate sobre as ondas eletromagnéticas e respectivas propriedades, explique sucintamente que, a partir da frequência, podemos definir diferentes tipos de radiação. A seguir, peça que a turma forme sete grupos. Proponha que cada grupo realize uma pesquisa e organize uma exposição para a turma sobre um tipo de radiação: rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios gama e radiação corpuscular (gama e beta). Explique que eles devem pesquisar a frequência e as características do

Além da importância de descrever e caracterizar as ondas eletromagnéticas, três dessas grandezas são responsáveis por uma relação importante no estudo das ondas, em que V é a velocidade da onda, (lê-se lambda) é o comprimento de onda e f é a frequência:

$$V = \lambda . f$$

Como veremos nas próximas aulas, existem diversos tipos de ondas eletromagnéticas, caracterizadas principalmente pela sua frequência: quanto maior a frequência de uma onda, maior sua energia. Além disso, elas estão por toda a parte: no nosso dia a dia, em fenômenos naturais e aparelhos tecnológicos. Você consegue citar exemplos? Quais?

**1.** Trabalho de pesquisa

Para o trabalho de pesquisa, a turma deve se organizar em sete grupos. Cada grupo ficará responsável por realizar uma pesquisa sobre um tipo diferente de radiação, sendo: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama. A pesquisa deve envolver:

- *Caracterização e definição do tipo de radiação eletromagnética;*
- *Principais propriedades dessa radiação;*
- *Fenômenos naturais e aplicações tecnológicas desse tipo de radiação, sendo importante apresentar uma descrição detalhada de dois ou três exemplos;*
- *Efeitos dessa radiação sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana.*

Durante a pesquisa, é essencial selecionar fontes diversificadas e confiáveis. Vocês podem usar livros, páginas e vídeos da internet. É importante, conforme o grupo for realizando a pesquisa, buscar informações mais aprofundadas sobre temas importantes e interessantes que surgirem. Para além dos temas requeridos na pesquisa, procurem dar espaço a temas que vocês achem especialmente interessantes ou tenham conhecimento prévio. A partir da pesquisa, cada grupo deve elaborar uma apresentação de cerca de sete minutos para apresentar à turma.

Verifique com o(a) professor(a) quais são os recursos existentes na escola e que poderão ser utilizados na apresentação. Se houver disposição, vocês podem utilizar cartazes, meios digitais, projetor de imagens e outros meios disponíveis. Lembrem-se de que é importante organizar um roteiro de apresentação do grupo que envolva todos os participantes.

tipo de radiação em questão, as diferentes aplicações ou processos (naturais ou gerados pelo homem) nos quais estão envolvidos e os efeitos que podem ou não gerar sobre o corpo humano, pois farão uma rápida apresentação para a turma sobre tais temas na **Aula 2**. Se possível, disponibilize o projetor para essa aula e estimule os grupos para que preparem uma rápida exposição nesse formato. É importante, no entanto, que as apresentações sejam breves. Explique que, após os seminários, eles terão que construir, coletivamente, um painel sobre os diferentes tipos de radiação. Se desejar, você pode substituir o painel por outro formato expositivo, como um panfleto, uma página na internet ou um vídeo, por exemplo, ou mesmo propor que a turma escolha de que forma prefere sistematizar a pesquisa realizada.

# AULAS 2 E 3

## *Conhecendo o Espectro Eletromagnético e Suas Aplicações*

**Habilidade essencial:** Identificar diferentes radiações presentes no cotidiano, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético e sua utilização por meio das tecnologias a elas associadas (rádio, radar, forno de micro-ondas, raios X, tomografia, *laser,* etc.).

### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- *Conhecer e compreender as propriedades dos diferentes tipos de radiação, espectro eletromagnético e suas aplicações.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Professor(a), organize os estudantes para a apresentação dos seminários. Verifique e disponibilize os materiais necessários para a apresentação de cada grupo. Se desejar, organize a lousa para que cada grupo possa registrar as informações mais pertinentes sobre a pesquisa que fizeram, de forma que, no fim da aula, ela esteja preenchida pelas principais informações.



# AULAS 2 E 3

## *Conhecendo o Espectro Eletromagnético e Suas Aplicações*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Conhecer e compreender as propriedades dos diferentes tipos de radiação, espectro eletromagnético e suas aplicações.*

**1.** Apresentação de seminários

A maior parte do tempo das aulas 2 e 3 será dedicada à apresentação dos seminários. Eles devem ser apresentados na ordem crescente da frequência da radiação escolhida. O(a) professor(a) ajudará a organizar as apresentações. A turma toda deve participar de todas as apresentações, seja falando, ouvindo, anotando ou fazendo perguntas. Assim, fique atento ao seminário dos seus colegas. Se houver dúvidas ou contribuições, registre-as e coloque-as no momento oportuno. Ao apresentar o seu seminário, procure falar de forma clara e estar atento também às perguntas, dúvidas ou contribuições por parte da turma. Lembre-se de que, embora seja importante realizar uma pesquisa dedicada e preparar uma boa apresentação, não há problema em contar com a contribuição dos colegas ou não saber responder a alguma pergunta. Isso vale tanto para o grupo que estiver apresentando, que não deve se sentir intimidado com perguntas, quanto para os colegas ouvintes, que não devem ter receio de perguntar ou contribuir com a exposição.

**2.** Atividade coletiva: construção do espectro eletromagnético

Já no fim da aula 2, o(a) professor(a) apresentará à turma a atividade coletiva a ser realizada após a conclusão dos seminários. Tanto no fim da aula 2 quanto no da aula 3 vocês terão um tempo para debater e se organizar. Além disso, o(a) professor(a) combinará um prazo para que vocês possam realizá-la em casa.

A atividade em questão consiste na construção coletiva do que denominamos "espectro eletromagnético". Trata-se de uma forma de organizar os diferentes tipos de radiação eletromagnética, em ordem crescente de frequência. Longe de ser uma criação humana, esse espectro pode ser parcialmente visto em fenômenos que envolvem a refração, como o arco-íris, ou em aparelhos construídos especialmente para isso, os chamados espectroscópios. Para a construção do espectro, vocês devem sistematizar as informações coletadas por cada grupo, buscar informações faltantes, articulá-las e, então, construir uma representação do espectro que contenha as principais informações sobre cada tipo de radiação, aplicações e fenômenos em que estejam presentes, assim como seus efeitos sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana. O(A) professor(a) poderá orientá-los nesse processo.

Quanto à forma escolhida para materializar essa construção, cabe à turma, orientada pelo(a) professor(a), escolher qual será. Vocês podem, por exemplo, representar o espectro em um papel kraft, gravar um vídeo ou construir uma página na internet.

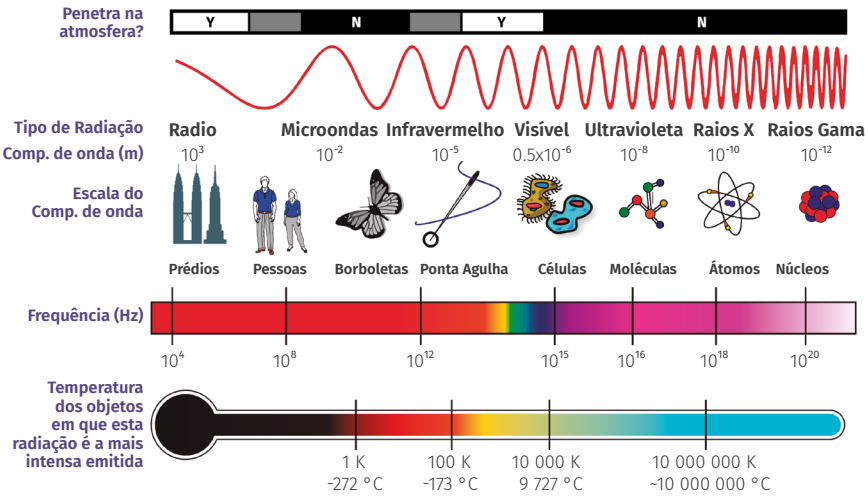
Na figura a seguir, vemos alguns exemplos de representação do espectro eletromagnético. Não se prendam a ele e usem a criatividade, tendo em vista também a exposição completa e clara das informações que desejam comunicar.

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

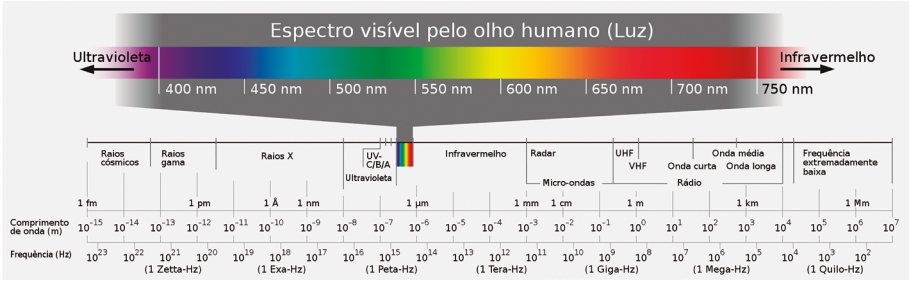
- *Caderno do Estudante;*
- *Papel Kraft;*
- *Canetas ou giz colorido (caso você opte pela elaboração de um painel), projetor ou outros recursos necessários à elaboração do material escolhido.*

### INICIANDO

Inicie a **Aula 2** retomando rapidamente os conceitos principais debatidos na aula anterior e contextualizando a existência de diferentes tipos de radiação. Em seguida, organize as apresentações dos grupos em ordem crescente da frequência da radiação estudada: rádio, micro-ondas, infraverme-




Créditos: Wikimedia Commons.




Créditos: Wikimedia Commons.

lho, luz visível, ultravioleta e raios gama. Explique que os grupos devem, ao longo da explicação ou no fim dela, anotar as principais características da radiação estudada no local reservado na lousa, além de ser importante que a turma ouça atentamente as apresentações e, no término de cada uma, apresente as dúvidas ou questões que tiverem surgido.

## DESENVOLVENDO

Cada grupo deve levar cerca de sete minutos para apresentar. Para isso, reserve as **Aulas 2 e 3.** Ao longo das exposições, estimule a turma a levantar dúvidas, questões e informações faltantes. Caso o grupo não saiba a resposta, procure resolvê-las ou sugira à turma que as registre para que o grupo encarregado complete a pesquisa para a aula seguinte. É importante que eles compreendam tanto os conceitos físicos envolvidos como os diferentes processos e aplicações de cada tipo de radiação, assim como as tecnologias associadas. Se necessário, faça pequenas intervenções, principalmente pontuando que todos os tipos de radiação apresentados, com exceção das corpusculares, são ondas eletromagnéticas em que apenas a frequência delas varia.

No fim da **Aula 2,** explique que os estudantes terão que construir coletivamente o espectro eletromagnético e fazer uma caracterização dos diferentes tipos de radiação, incluindo as radiações alfa e beta, envolvendo as características principais, as aplicações e os processos envolvidos, bem como os efeitos sobre o ambiente e sobre a saúde humana. A proposta inicial é que eles organizem as informações de maneira a construir um painel de papel kraft em que elas estejam representadas em conjunto com o espectro eletromagnético. Você pode propor, no entanto, que eles discutam e escolham de que forma pretendem sistematizar e organizar essa síntese.

## Anotações

Isso pode envolver uma apresentação via projetor, um vídeo, uma página na internet ou outra mídia que preferirem. Assim, reserve um tempo no fim da **Aula 2** para que a turma discuta como realizará essa síntese e como se organizará para tal.

Na **Aula 3,** devem ser realizados os seminários restantes.

### FINALIZANDO

No fim da **Aula 3**, após as apresentações restantes, pode também ser utilizado com esse intuito. Marque uma data para a entrega do trabalho, de preferência entre as **Aulas 4 e 5.** Se preferir e a depender do projeto elaborado pelos estudantes, você pode disponibilizar a **Aula 4** para isso. Procure divulgar o trabalho para o restante da escola, podendo ser em um mural, nas redes sociais ou em páginas da internet. Isso deve motivar a turma a prepará-lo de maneira que apresente com clareza e de forma atrativa as informações relevantes sobre as diferentes formas de radiação e a presença delas em nosso dia a dia. Não se esqueça de, ao longo da realização, intervir sempre que julgar necessário, orientando os estudantes ou abordando temas mais complexos para garantir o aprendizado da turma.

## AULAS 4 E 5
## *Emissão e Absorção de Radiação*

**Habilidade essencial:** Identificar diferentes radiações presentes no cotidiano, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético e sua utilização por meio das tecnologias a elas associadas (rádio, radar, forno de micro-ondas, raios X, tomografia, *laser,* etc.).

### OBJETIVO DE APRENDIZAGEM

- *Compreender os princípios básicos envolvidos nos processos de emissão e absorção de radiação.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Professor(a), para a realização das atividades das **Aulas 4 e 5** será necessário o uso de um computador para cada dois ou três estudantes. Caso não seja possível, realize-as utilizando os telefones celulares dos próprios estudantes, desde que estejam conectados à internet de forma satisfatória. Os estudantes podem permanecer organizados em duplas para a realização do debate coletivo.

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Caderno do Estudante;*
- *Computadores ou telefones celulares com conexão de internet.*

## INICIANDO

Inicie a **Aula 4** retomando rapidamente os conceitos principais debatidos nas aulas anteriores e destacando que, embora tenham estudado os diferentes tipos de radiação, não foi estudado como ela é emitida e absorvida pela matéria. Explique que esses processos serão estudados nesta e na próxima aula, e sugira a leitura em duplas do texto Conhecendo os processos de absorção e emissão de radiação. Se preferir, você pode propor que a sala leia coletivamente o texto. A partir dele, retome em conjunto com a turma os conhecimentos adquiridos sobre os átomos, destacando a estrutura básica deles: um núcleo formado por prótons e nêutrons, e a distribuição de elétrons envolvendo diferentes níveis de energia. Nesse momento, você pode utilizar como base os conceitos apresentados na **Atividade 1**, página 38 do Caderno SP Faz Escola. Após a introdução, solicite que realizem a **Atividade 1** em grupos de dois ou três estudantes.

## DESENVOLVENDO

Enquanto os grupos realizam a **Atividade 1**, caminhe entre eles tirando dúvidas e dialogando. Ao comandar a atividade, fique atento às normas de isolamento necessárias devido à pandemia de Covid-19. Verifique se eles conseguem utilizar os programas sugeridos e explorar os recursos. A partir delas, aborde o tema da absorção e emissão de radiação. Após a realização da atividade, faça a discussão das questões propostas. Utilize os programas e as observações feitas para debater os processos de excitação dos elétrons. Se possível, projete a tela para a turma toda para enriquecer o debate e exemplificar os processos. Se você desejar, o programa "Moléculas e Luz", disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecules-and-light, pode ser explorado para mostrar as possíveis reações de diferentes moléculas quando sujeitas à radiação de diferentes frequências.

Explique que cada elemento químico possui um espectro específico de emissão e de absorção associado às energias envolvidas em todas as possíveis transições de estado do átomo, e que isso vale também para algumas moléculas. Tais características permitem a determinação da composição tanto de objetos aqui na Terra mas, sobretudo, de objetos astrofísicos localizados a milhões de quilômetros de nós. Utilize os conceitos e exemplos apresentados na **Atividade 2**, página 41 do Caderno SP Faz Escola, volume 3.

Já na **Aula 5**, será abordado o tema do espectro de corpo negros e os respectivos exemplos cotidianos, como a luz do Sol, as lâmpadas ou a emissão de um corpo qualquer. Inicie retomando o que foi discutido na aula anterior, propondo a leitura coletiva do texto do Caderno do Estudante e, a partir disso, introduzindo o tema. Então, solicite que, em duplas, os estudantes realizem a **Atividade 2**. Novamente, enquanto fazem a atividade, caminhe pela sala, orientando-os quanto ao uso do programa, tirando dúvidas e questionando-os sobre o que observam. Em seguida, faça a correção da atividade, explorando-a para abordar, agora de maneira mais profunda, o tema do "espectro de corpo negro" e como ele se ajusta ao espectro das estrelas e dos corpos ao nosso redor.

## Anotações

## FINALIZANDO

No fim das **AULAS 4 E 5**, retome rapidamente os processos estudados sobre absorção e emissão de radiação. Relacione-os com os temas tratados nas **AULAS 1, 2 E 3** e permita que os estudantes tirem dúvidas que tenham permanecido. Peça que alguns deles expliquem os fenômenos observados na simulação, agora à luz dos conceitos debatidos durante a aula, utilizando esse momento para avaliar se os objetivos de aprendizagem foram contemplados. Você pode também solicitar que eles avaliem como esses processos ocorrem em diferentes situações cotidianas. Outra opção é solicitar que eles entreguem ao(à) professor(a) as respostas das questões propostas nas atividades, que poderão ser avaliadas posteriormente.

***Respostas observação do programa "Absorption and Emission of Light":***

*1. Aos processos de emissão e absorção de luz pela matéria.*

*2. Os pulsos de onda representam a radiação eletromagnética. As formas circulares representam os átomos e as órbitas atômicas. Quando maiores, representam os átomos excitados após absorção de um fóton/pulso de onda eletromagnética. Quando menores, o átomo fica em estado de menor energia após emitir um fóton. Dessa maneira, são representados os processos de absorção e emissão da luz.*

***Respostas observação do Programa "Spectrum of Hydrogen Atom":***

*3. A figura maior representa um átomo de hidrogênio e suas órbitas eletrônicas (os diferentes estados de nível de energia possível para um elétron). Já o pequeno círculo azul representa um elétron, e a flecha indica a posição inicial e a posição final dele.*



# AULAS 4 E 5

## *Processos de Absorção e Emissão de Radiação*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Compreender os princípios básicos envolvidos nos processos de emissão e absorção de radiação.*

**Conhecendo os Processos de Absorção e Emissão de Radiação**

Até agora, estudamos propriedades e diferentes tipos de radiação. Mas como será que essas radiações interagem com a matéria? Como são emitidas ou absorvidas? É isso que estudaremos nas aulas 4 e 5.

Para compreender tais processos, é preciso primeiramente retomar a estrutura do átomo. Ele é formado por um núcleo, composto por prótons e nêutrons e, girando ao seu redor, os elétrons, ou seja, partículas com massa muito pequena e carregadas negativamente. Essa configuração de elétrons pode assumir diferentes níveis de energia. Considerando mais especificamente um elétron, ele pode ocupar órbitas distintas, associadas a diferentes energias. Tais órbitas têm valores discretos de energia, o que significa que um elétron só pode mudar para uma órbita mais ou menos energética se absorver ou perder uma quantidade de energia que equivalha à diferença de energia entre sua órbita final e sua órbita inicial. É justamente aí que entra a radiação: a absorção ou a emissão de ondas eletromagnéticas estão relacionadas à mudança do elétron entre diferentes níveis energéticos e, portanto, ocorrerão somente no caso de valores específicos de energia.

Para entender um pouco mais esse processo, realize com seus colegas a atividade a seguir.

**1.** Explorando a emissão e absorção da radiação

Nesta atividade, você e seus colegas explorarão dois programas que simulam o processo de absorção e emissão de radiação eletromagnética por átomos. Durante a utilização de cada um deles, é importante que, antes de se atentarem às questões e observações propostas, explorem as opções apresentadas, especialmente no caso do programa "Spectrum of Hydrogen Atom". Solicite ajuda do(a) professor(a) caso tenham dificuldade de lidar com os comandos na tela. Após o momento exploratório inicial, realizem as observações e respondam às perguntas propostas.

Programa "*Absorption and Emission of Light*", disponível em *https://javalab.org/en/category/atoms_en/atom_light_en/*.

A partir do que vocês observaram no programa, respondam às perguntas:

**2.** A que fenômeno o nome do programa faz referência?

**3.** O que significam os símbolos que aparecem na tela? Qual é a diferença entre os momentos cujos círculos ficam maiores e menores? Quais são os processos físicos descritos? Explique.

Programa "*Spectrum of Hydrogen Atom*", disponível em *https://javalab.org/en/category/atoms_en/atom_light_en/*.

A partir do que vocês exploraram no programa, respondam às perguntas:

**4.** O que são as figuras representadas na tela?

**5.** Mantenham a posição inicial do pequeno círculo azul (elétron) fixa. Selecionem diferentes posições finais para o elétron/ponta da seta.

**a)** O que significa o processo representado? E a frequência indicada em cada situação?
**b)** Observem o valor da frequência indicada pelo programa em cada caso e a região apontada no espectro eletromagnético na parte superior da tela: qual é a relação existente? Vocês sabem o que significam as linhas verticais presentes no espectro? Pensem a respeito.

**6.** Agora, mantenham a posição final do elétron fixa, selecionando diferentes posições iniciais para ele. Reflitam novamente sobre os itens do exercício 2. Procurem explorar diferentes combinações entre a posição inicial e a final do elétron, prestando atenção na frequência associada, na região do espectro eletromagnético indicada e se há linhas verticais nessa região. Tentem inferir o que significam os conjuntos de linhas verticais.

## ESPECTRO DE CORPO NEGRO

Como vimos, cada átomo possui um espectro específico de emissão e absorção. No entanto, nem todos os corpos emitem dessa forma. A maioria emite o que chamamos "espectro de corpo negro". Um corpo negro é um objeto que absorve toda a radiação emitida sobre ele. Esse corpo não existe na realidade e é, portanto, uma idealização. A partir disso, é possível prever a quantidade de energia que será emitida por esse corpo em cada frequência em função de sua temperatura. A essa relação denominamos distribuição de corpo negro. Embora pareça apenas um modelo teórico, a distribuição de corpo negro tornou-se importante à medida que a maioria dos corpos emite radiação seguindo essa distribuição conforme sua temperatura. Isso vale, inclusive, para o nosso corpo, os objetos ao nosso redor, as lâmpadas e estrelas como o Sol! Nesta aula, vamos compreender um pouco mais sobre o tema.

**1.** Explorando o espectro de corpo negro

Nesta atividade, vocês explorarão o programa "*Espectro de Corpo Negro*", disponível em *https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html&sort=alpha&view=grid*.

Assim como nas atividades anteriores, antes de realizar as observações solicitadas, é importante se familiarizar com o programa. Se necessário, consultem o(a) professor(a). Quando tiverem compreendido o funcionamento, realizem as observações a seguir.

**a)** Observem o espectro emitido pelo Sol. Quais são as principais características dele? Em qual frequência ocorre o máximo de emissão? Observem a intensidade de emissão no infravermelho. Por que ela é importante para o planeta Terra?
**b)** Comparem o espectro de emissão da estrela Sirius com o do Sol. Quais são as principais diferenças entre eles?
**c)** O que ocorre com o espectro conforme aumentamos/diminuímos a temperatura da fonte?
**d)** Observem o espectro de uma lâmpada incandescente. Que característica dele podemos associar à baixa eficiência desse tipo de lâmpada?

*4. **a)** Os processos representados são a absorção e a emissão de luz por um átomo a partir da mudança de nível de energia de um elétron. O comprimento de onda indicado representa o comprimento de onda do pulso de onda absorvido ou emitido quando o elétron faz a transição de orbital/estado indicada/o, e está relacionado aos níveis de energia de cada órbita.*

***B)** A região indicada pela seta é a região do espectro associada ao comprimento de onda da radiação emitida. Cada uma das linhas representa exatamente o comprimento de onda associado à radiação emitida ou absorvida pela transição simulada e, portanto, à diferença de energia entre dois níveis atômicos.*

*5. Os conjuntos de linhas verticais representam as frequências associadas às energias envolvidas em todas as transições de estado possíveis em um átomo de hidrogênio.*

***Respostas* ATIVIDADE 1. *Explorando o espectro de corpo negro:***
***A)** Ele obedece à curva de corpo negro, tendo o máximo de emissão na frequência do visível, em especial do verde e do azul, possuindo também alta emissão no infravermelho. Isso é importante para a Terra, pois a radiação infravermelha é a principal responsável pelo transporte de calor até o nosso planeta, o que é importante para a manutenção dos ecossistemas aqui presentes.*
***B)** A potência emitida por Sirius é maior, devido à alta temperatura que possui. Além disso, a curva de emissão é deslocada para a direita, sendo que a frequência de máxima emissão é maior que a do Sol.*
***C)** A curva de emissão de desloca para a direita para valores maiores da frequência.*
***D)** A alta taxa de emissão no infravermelho. Essa energia é dissipada na forma de calor, e não de luz visível, diminuindo a eficiência luminosa da lâmpada.*

## Anotações



# AULA 6

## *Retomando e Aplicando Conceitos, Avaliando Aprendizagens*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Avaliar e articular conceitos e propriedades das ondas eletromagnéticas.*

### PRATICANDO

Nesta atividade, você fará alguns exercícios sobre o tema tratado nas últimas aulas. Em seguida, o(a) professor(a) fará a correção e o debate com toda a turma. Aproveite para tirar dúvidas que tiverem restado!

**1.** **ENEM 2017** (segunda aplicação)

A faixa espectral da radiação solar que contribui fortemente para o efeito mostrado na tirinha é caracterizada como:

**a)** Visível.
**b)** Amarela.
**c)** Vermelha.
**d)** Ultravioleta.
**e)** Infravermelha.

# AULA 6
## *Retomando e Aplicando Conceitos, Avaliando Aprendizagens*

**Habilidade essencial:** Identificar diferentes radiações presentes no cotidiano, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético e sua utilização por meio das tecnologias a elas associadas (rádio, radar, forno de micro-ondas, raios X, tomografia, *laser*, etc.).

### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- *Avaliar e articular conceitos e propriedades das ondas eletromagnéticas.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Para a realização da atividade proposta nesta aula, organize a turma individualmente ou em duplas.

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Caderno do Estudante.*

### INICIANDO

Inicie a aula retomando a trajetória conceitual feita até aqui. A seguir, solicite que os estudantes, em duplas ou individualmente, realizem a atividade proposta no Caderno do Estudante "Aprender Sempre".

### DESENVOLVENDO

Enquanto a turma realiza a atividade, caminhe pela sala observando, tirando dúvidas e intervindo quando julgar necessário. Fique atento à manutenção de uma distância mínima entre os estudantes, bem como entre você e a turma, respeitando o protocolo por conta da Covid-19.

### FINALIZANDO

Para garantir o aproveitamento dos estudantes frente às questões propostas e aproveitar esse momento para tirar dúvidas, retomar conceitos importantes ou que tenham ficado em aberto ou imprecisos, é importante corrigir os exercícios coletivamente. Ao fazê-lo, indague alguns estudantes sobre como responderam a cada uma das questões. Procure criar um ambiente propício para que eles se sintam à vontade para tirar dúvidas e expor dificuldades que tenham enfrentado, ou mesmo questões mais amplas que ficaram incompreendidas.

1. ***Gabarito: e).*** *Professor(a), retome com os estudantes que a frequência das ondas majoritariamente associadas ao calor é o infravermelho.*

2. ***Gabarito: e).*** *Professor(a), como indica o gráfico, a lâmpada de LED é a que possui maior emissão no visível e menor no infravermelho, que é associado ao calor.*

## Anotações

## Anotações

**3.** **Gabarito: b)**

I. Verdadeira. Por se tratar de radiação ionizante, ela retira elétrons dos átomos dos alimentos após atravessá-los.

II. Falsa. O infravermelho não é uma radiação ionizante.

III. Verdadeira. Em ambos os casos, é utilizada radiação ionizante, como os raios x

IV. Falsa. A radiação não impregna os alimentos, e não gera danos à saúde.

**4.** ***Gabarito: c).*** *Retome o espectro eletromagnético com os estudantes e situe as ondas de raio x na região com frequência acima do ultravioleta.*

**5.** ***Gabarito: a).*** *Sabemos que: λf*

***Então, temos:***

$$3 \times 10^8 = \lambda \times 2{,}45.109$$

$$\lambda = \frac{(3\times10^8)}{(2{,}45\times10^9)} \cong 0{,}12m$$

***B)*** *Porque os metais refletem as ondas eletromagnéticas, o que prejudica o funcionamento do forno.*

**REFERÊNCIAS:**

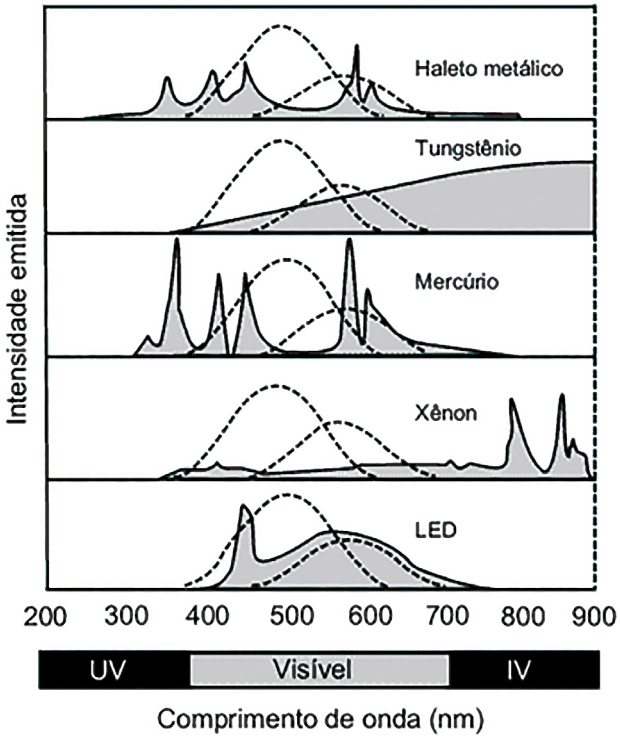
São Paulo Faz Escola - Caderno do Professor. SEE/SP - Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: www.educacao.sp.gov.br. Acesso em: 2 fev. 2021.

*Proposta Curricular do Estado de São Paulo:* Ciências da natureza, SEE/SP-Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Disponível em *https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf*

*Base Nacional Comum Curricular*, BRASIL. Ministério da Educação. Brasília, 2018. Disponível em *http://basenacionalcomum.mec.gov.br/*

Para acesso aos programas de simulação utilizados na sequência didática, além de outros, visite: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?type=html&sort=alpha&view=grid

**2.** **(ENEM 2017)** A figura mostra como é a emissão de radiação eletromagnética para cinco tipos de lâmpada: haleto metálico, tungstênio, mercúrio, xênon e LED (diodo emissor de luz). As áreas marcadas em cinza são proporcionais à intensidade da energia liberada pela lâmpada. As linhas pontilhadas mostram a sensibilidade do olho humano aos diferentes comprimentos de onda. UV e IV são as regiões do ultravioleta e do infravermelho, respectivamente. Um arquiteto deseja iluminar uma sala usando uma lâmpada que produza boa iluminação, mas que não aqueça o ambiente.




Disponível em http://zeiss-campus.magnet.fsu.edu. Acesso em: 8 mai. 2017 (adaptado).

Qual é o tipo de lâmpada que melhor atende ao desejo do arquiteto?

**a)** Haleto metálico.
**b)** Tungstênio.
**c)** Mercúrio.
**d)** Xênon.
**e)** LED.

## Anotações

## Anotações

# Olá, professor(a)!

Nesta Sequência de atividades sugerimos um trabalho que nos auxiliará a compreender qual é a natureza das interações nucleares, avaliar a dimensão da energia contida nas ligações, transformações e reações nucleares, explicar como a energia nuclear é utilizada para a produção da energia elétrica, seus usos na medicina, na agricultura e também na indústria.

A ideia é que os estudantes possam construir coletivamente um entendimento global sobre o quê envolve a energia nuclear, desde a estrutura do átomo até as aplicações das radiações nos mais diversos contextos.

No final do processo, os estudantes devem ser capazes de pensar criticamente a respeito do uso da energia nuclear, conhecer suas origens de forma sistematizada e entender a importância dessa fonte energética para a humanidade.

As habilidades usadas para a elaboração dessa Sequência de Atividades foram selecionadas levando em conta o aprofundamento dos conhecimentos que os alunos apresentam com relação ao eletromagnetismo e à termologia. Dessa maneira, sugerimos o uso das habilidades essenciais relativas ao 3º bimestre da 3ª série EM e habilidades de séries anteriores do EM (Currículo do Estado de São Paulo, 2011) e de anos finais do Ensino Fundamental (Currículo Paulista, 2019). Nesse sentido, norteamos a confecção da presente sequência de atividades na habilidade essencial:

**3ª série EM:** Reconhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na geração de energia elétrica, na indústria, na agricultura e na medicina.

Tais habilidades, por sua vez, vem de encontro à contemplação dos seguinte objetos de conhecimento:

- *Núcleos estáveis e instáveis;*
- *Radiatividade natural e induzida;*
- *A intensidade da energia no núcleo e seus usos médico, industrial, energético e bélico;*
- *Radiatividade, radiação ionizante, efeitos biológicos e radioproteção.*
- *Cujas habilidades suporte, a serem trabalhadas, são listadas:*

**HABILIDADES SUPORTE:**

**2ª série EM:** Explicar as propriedades térmicas das substâncias, associando-as ao conceito de temperatura e à sua escala absoluta, utilizando o modelo cinético das moléculas. (1º bimestre);

**SARESP – H47:** Reconhecer aplicações e avaliar argumentos sobre os riscos e benefícios da energia nuclear em diferentes setores, como na medicina, agricultura e geração de eletricidade

## Anotações

As atividades estão organizadas, conforme o planejamento a seguir:

| AULA/TEMPO | ATIVIDADE |
|---|---|
| 1ª e 2ª aulas /90 min | Estabilidade nuclear/ As partículas elementares e suas interações |
| 3ª aula /45 min | Equivalência entre massa e energia |
| 4ª aula /45 min | Processos de decaimento radioativo |
| 5ª aula /45 min | Aplicações tecnológicas da energia nuclear |
| 6ª aula /45 min | Avaliação da aprendizagem |

Cada aula tem como intuito a socialização dos estudantes, de modo que eles possam construir o conhecimento de forma coletiva. Desse modo, a participação do professor como norteador do conhecimento é parte fundamental na orientação dos estudantes. Ademais, sinta-se a vontade para mudar, sugerir ou fazer quaisquer tipos de inclusões nesse material, de acordo a realidade de suas turmas, disponibilidade de recursos, tempo e etc.

Desejamos a você e a nossos estudantes um ótimo trabalho!

## AULAS 1 e 2

### *Estabilidade Nuclear/ As Partículas Elementares e Suas Interações*

#### HABILIDADE

- *Reconhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na geração de energia elétrica, na indústria, na agricultura e na medicina*

#### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

- *Os estudantes deverão ser separados em quatro grupos, cada um dos grupos pesquisará sobre uma das forças elementares da natureza: força forte, fraca, eletromagnética e força gravitacional. Os estudantes poderão usar, com a permissão do professor, o celular, para fim de pesquisas. Uma página da internet (http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20032/Humberto/) pode auxiliar o professor a guiar as pesquisas dos alunos. Para a atividade 2 da sequência de atividades, os estudantes poderão permanecer assentados em seus lugares de forma individual.*

#### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Material do estudante, celulares, computadores e Datashow (caso a escola possua) para apresentação da pesquisa desenvolvida pelos estudantes.*

# AULAS 1 e 2

## *Estabilidade Nuclear/ As Partículas Elementares e Suas Interações*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Entender a estabilidade nuclear como o resultado de diferentes tipos de forças fundamentais (força nuclear forte e fraca, força eletromagnética).*

### A ESTABILIDADE NUCLEAR

Os átomos, independentemente de qual elemento, apresentam uma estrutura similar entre si e são formados de prótons, nêutrons e elétrons. A maior parte da massa de um átomo fica concentrada em um espaço muito pequeno, conhecido como núcleo atômico. No núcleo, diferentes quantidades de prótons e nêutrons são ligadas entre si.

Quando combinados em certas proporções de prótons e nêutrons, o núcleo atômico torna-se estável, esse é o caso da maior parte da matéria ao nosso redor. Porém, os núcleos dos átomos são objetos muito pequenos e por isso, estão sujeitos às leis probabilísticas da física quântica.

Mas o quê torna os núcleos estáveis? Pense bem: os núcleos dos átomos são formados de nêutrons e prótons. Os prótons são partículas dotadas de cargas elétricas de mesmo sinal. Os prótons presentes no núcleo atômico se repelem fortemente, mas uma força ainda mais forte que a repulsão elétrica os mantêm unidos: a força forte.

A força forte é uma das forças fundamentais da natureza, sem ela, a repulsão entre os prótons tornaria impossível a estabilidade dos núcleos dos átomos.

Além da força forte, existe um outro tipo de interação presente no núcleo dos átomos – a força fraca. Essa força é a principal responsável pelos processos de decaimento e, subsequentemente, pelas emissões de radiação.

Créditos: Wikimedia, Maximilien Brice, CERN, CC BY-SA 3.0
Os aceleradores de partículas são usados para investigar diversas propriedades da matéria, tais como a composição dos núcleos dos átomos e as forças fundamentais da natureza.

## INICIANDO

Inicie a aula com um vídeo que chame a atenção dos alunos para o assunto central da estabilidade nuclear – os átomos. Sugerimos um vídeo que explica os aspectos mais fundamentais da teoria atomística (https://www.youtube.com/watch?v=8i-6SJ-KTYA&ab_channel=Ci%C3%AAnciaTodoDia). Ao fim do vídeo, separe um tempo para ouvir as opiniões dos estudantes acerca do vídeo, indague-os sobre o que eles compreenderam do vídeo e investigue quais assuntos relacionados à física dos átomos e partículas subatômicas mais lhes interessam. As respostas dos estudantes podem ajudar

A personalizar o conteúdo de acordo com o envolvimento de cada turma.

Professor(a) o objetivo central dessa primeira aula é que os estudantes entendam que o equilíbrio das forças fundamentais da natureza é o principal responsável pela estabilidade atômica. Peça para que os estudantes façam a leitura do texto – A estabilidade nuclear e, durante a leitura, reforce com os alunos as características de cada uma das forças elementares. Discuta com estudantes sobre o alcance de cada uma dessas forças, pois, sabemos que cada uma dessas interações é somente efetiva para uma distância máxima entre as partículas. Aproveite também para ressaltar com os estudantes que a força gravitacional é a mais fraca de todas essas interações, mas que, apesar disso, é a força que "reina" a grandes distâncias, como no caso das órbitas planetárias em torno do Sol.

Na **ATIVIDADE 2**, relativa à segunda aula desta sequência de atividades, oriente os alunos a fazerem a leitura do texto – As partículas elementares e suas interações e em seguida, peça para que eles respondam às perguntas contidas em seu material.

## DESENVOLVENDO

Professor(a), tente organizar a turma em quatro grupos diferentes, para tanto, certifique-se que o espaço físico disponível permita que as recomendações de distanciamento entre os estudantes sejam respeitadas, diante da realidade imposta pela pandemia causada pela covid-19. Esses grupos serão divididos por tema, isso é, cada um dos grupos ficará responsável por elaborar uma pesquisa sobre uma das forças fundamentais da natureza. O critério utilizado para designar o tema de cada grupo é livre, faça-o na forma de sorteio, caso ache conveniente.

Oriente os estudantes a pesquisar em sites confiáveis, relacionados à páginas de conteúdo educativo e peça-os que anotem todas as informações que acharem relevantes sobre o tema pesquisado.

Com relação aos tópicos de busca, sugerimos os seguintes exemplos de perguntas a serem pesquisadas: 1. O que é a força nuclear forte? 2. Quando a força nuclear fraca foi descoberta? 3. Quem descobriu cada uma das forças elementares? 4. Qual foi a relevância da descoberta das forças elementares para a ciência? 4. Qual foi o reconhecimento dado aos idealizadores/descobridores? 5. Quais são as descobertas mais recentes com relação ao tema? 6. Quais são as curiosidades mais interessantes sobre o tema? 8. Quais são as tecnologias derivadas dessa descoberta? Esses são somente, alguns exemplos de perguntas que o(a) professor(a) pode sugerir aos estudantes, portanto, aqui, cabe a intervenção do docente em perceber o ritmo das pesquisas em cada grupo.

Oriente os estudantes a construir um documento escrito que compile todas as informações obtidas de forma organizada e sistematizada. O documento pode ser feito na forma de relatório, tabela, mapa mental



**Trabalho de pesquisa:** Neste trabalho de pesquisa, aprenderemos mais sobre as forças fundamentais da natureza[1].

A turma deverá ser dividida em grupos. Cada grupo pesquisará sobre um dos temas a seguir, por meio da internet ou livro didático:

- *Força eletromagnética*
- *Força nuclear fraca*
- *Força nuclear forte*
- *Força gravitacional*

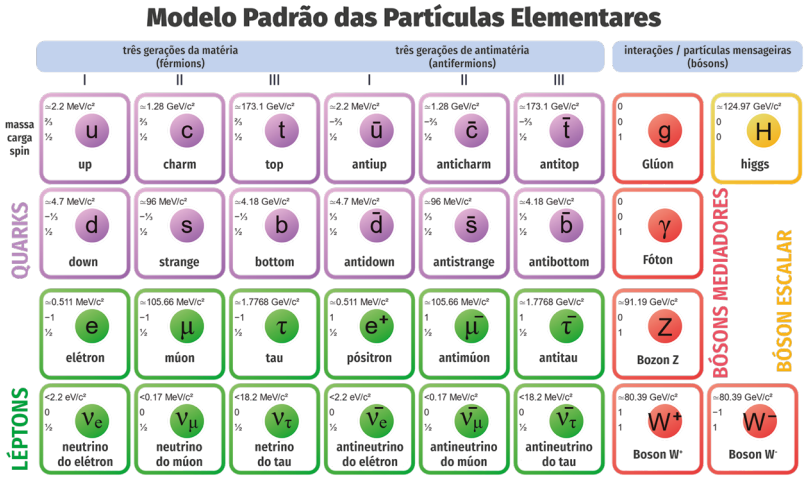
Professor(a), o tempo que cada grupo levará para compreender cada um dos conceitos pode variar muito, por isso, oriente os grupos que apresentarem mais dificuldade.

Após o período de pesquisa, os grupos deverão entregar para o(a) professor(a) um relatório sobre as informações pesquisadas então, deverão explicar para sua turma aquilo que pesquisaram e/ou descobriram sobre a força fundamental que o seu grupo pesquisou: quais as suas características, aplicações, histórico, curiosidades, etc.

### AS PARTÍCULAS ELEMENTARES E SUAS INTERAÇÕES

Sabemos que os átomos apresentam uma estrutura interna, ou seja, são formados por componentes menores. Para compreendermos a estabilidade nuclear, é necessário conhecer um pouco mais sobre as características dessas partículas.

Na Física, chamamos de partícula elementar, qualquer partícula que não apresenta uma estrutura interna, isso é, uma partícula que não pode ser dividida. O conjunto de partículas elementares é conhecido como o modelo-padrão da física de partículas.




Modelo padrão da Física de partículas[2]
Créditos: Wikimedia, MissMJ, CC BY 3.0

**1** *Maximilien Brice, CERN, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons*
*Retirado de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Views_of_the_LHC_tunnel_sector_3-4%2C_tirage_1.jpg*

A figura anterior agrupa diferentes categorias de partículas existentes. Cada categoria está ilustrada, na figura, com cores iguais. Em roxo, temos os quarks, que são os "tijolos" da natureza, uma vez que, é pela combinação de quarks que são formados os prótons e nêutrons. Ao todo, existem seis tipos de quarks e seis antiquarks. A diferença entre quarks e antiquarks é o sinal da carga elétrica dessas partículas.

Os léptons, pintados de verde, são partículas elementares "leves", indivisíveis, de massas pequenas e que não são formadas pela combinação de quarks. Os elétrons, por exemplo, foram os primeiros léptons a serem descobertos.

Os bósons, em vermelho, são partículas que não tem massa. Essas partículas são responsáveis por estabelecer a interação entre as partículas que têm massa (quarks, antiquarks e léptons).

Pesquise na internet e nos livros sobre o modelo-padrão da física de partículas e responda com suas palavras:

**1.** O que são férmions? Explique.

**2.** O que são bósons? Explique.

**3.** O que é o modelo-padrão da Física de partículas?

**4.** Qual é a importância de conhecermos cada vez mais sobre a natureza dos átomos e das partículas subatômicas? Explique.

**5.** Pesquise e responda em seu caderno: Quais são as forças fundamentais da natureza e quais partículas do modelo padrão são mediadoras dessas forças?

ou quaisquer outras técnicas que deixem os participantes confortáveis ao registrar as informações pesquisadas.

Oriente os estudantes a elaborar, juntamente ao documento, um roteiro de apresentação de sua pesquisa. Esse roteiro deverá conter o objetivo ou o tema da fala de cada estudante, que terá, durante a pesquisa, o tempo para se familiarizar com o que aprendeu. Nessa etapa é importante que todos os estudantes participem, para que trabalhem suas habilidades de socializar o conhecimento com outros colegas, entretanto, não force aqueles que não se mostrarem abertos à tal experiência, somente sugira a eles que façam sua explicação de forma individualizada e ouça-as, apontando os pontos fortes da apresentação e aquilo que por algum motivo, o aluno não tenha compreendido.

A ideia da pesquisa é ser rápida, os alunos devem usar em torno de 30 minutos para realizá-las, para isso, poderão se organizar, de modo que cada um deles pesquise uma das perguntas.

Na **ATIVIDADE 2**, acompanhe o progresso da pesquisa dos estudantes e verifique se eles estão conseguindo responder às perguntas constantes em seu material.

## FINALIZANDO

Passado o momento inicial, em que os estudantes realizaram suas pesquisas e as compilaram em um documento, os estudantes começarão as suas apresentações, de acordo com a finalização dos trabalhos. É fundamental que o professor deixe seus estudantes cientes da passagem do tempo para que seja possível para os estudantes compartilharem seus resultados.

Professor(a), durante as apresentações, tente guiar os alunos que parecerem se perder em seus raciocínios. Mesmo que eles tenham um roteiro, faça perguntas a eles com base nas pesquisas realizadas pelos alunos. Você pro-

vavelmente perceberá que, se a apresentação deles acontecer no formato de uma conversa, as informações fluirão e os estudantes mostrarão maior desenvoltura em suas falas.

Ao término das apresentações, faça reflexões com os estudantes sobre aquilo que foi apresentado e indague-os sobre o que eles gostaram de descobrir, o que lhes chamou atenção, o que lhes despertou curiosidades e sobre o que eles gostariam de saber mais. Comente ainda, com os estudantes, qual é o papel de cada uma das forças fundamentais da natureza e como cada uma delas interage com as partículas fundamentais.

Ao final da **ATIVIDADE 2**, peça para que os estudantes compartilhem as respostas de suas perguntas com base nas pesquisas realizadas por eles e comente com a turma os acertos e erros, caso haja existam.



## AULA 3

### *Equivalência Entre Massa e Energia*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Conhecer e compreender a equivalência entre massa e energia.*

**EQUIVALÊNCIA MASSA E ENERGIA**

A equivalência entre massa e energia foi proposta pelo físico alemão Albert Einstein, em 1905. De acordo com a teoria relativística, a matéria que compõe os átomos e moléculas corresponde a uma grande quantidade de energia, que é chamada energia de repouso. A fórmula usada para calcular essa quantidade de energia é talvez uma das mais famosas de toda a física: $E = mc^2$.

Nessa fórmula, E é a quantidade de energia, em joules, armazenada em uma certa massa m, em quilogramas, multiplicada pela velocidade da luz no vácuo ($c = 3.10^8$ m/s), elevada ao quadrado.

A energia elétrica obtida nas usinas nucleares é inicialmente liberada na forma de ondas eletromagnéticas e outras partículas quando os átomos de urânio sofrem fissões nucleares. Estas fissões, entretanto, são induzidas e ocorrem quando o urânio enriquecido é exposto à alguma fonte emissora de nêutrons. (na maioria das vezes utiliza-se átomos como o califórnio).

Os átomos de urânio enriquecido (urânio-235) são estáveis, porém, se "adicionarmos" um único nêutron ao núcleo destes átomos, eles se transformam no urânio-236, que é altamente instável e rapidamente fissiona-se, dando origem a núcleos dos elementos bário e criptônio, junto à uma grande quantidade de energia e mais nêutrons.

A estabilidade nuclear é diretamente proporcional à energia de ligação entre os prótons e nêutrons, uma vez que ela mede quanta energia é necessária para separar um núcleo em partes menores. Curiosamente, a energia de ligação dos núcleos é crescente até os átomos mais leves que o $^{56}Fe$, portanto, os átomos mais pesados que este último tornam-se cada vez menos estáveis a medida que seu número de prótons e nêutrons aumenta. Além da energia de ligação, a razão entre o número de prótons e nêutrons também afeta a estabilidade nuclear, fazendo com que os átomos sofram diferentes tipos de decaimentos.

O decaimento nuclear é o processo, que conhecemos como radioatividade. Todos os elementos químicos que conhecemos apresentam um "prazo de validade". Em um certo período, seus núcleos terão emitido energia nas formas das radiações alfa, beta e gama e, ao longo do tempo, e então se transformarão em novos átomos.

Com base no texto e em leituras complementares, responda:

**1.** Estime qual é a quantidade de energia liberada pela fissão de 1 g de um material físsil qualquer e comente o resultado obtido.

**2.** Assumindo que a energia nuclear obtida por meio da fissão de 1 g de matéria seja integralmente convertida em calor e, levando em conta que 1 cal equivale à cerca de 4,2 J, estime a quantidade de calor que é liberado pela fissão, em calorias.

1 ***Resposta:*** *São os blocos fundamentais da natureza, são partículas dotadas de spin semi-inteiro e são subdivididos em léptons, hádrons e mésons, quarks e neutrinos.*

2 ***Resposta:*** *São as partículas que promovem a interação entre outras partículas. São partículas que não apresentam massa, apresentam spin inteiro e são divididas em glúons, fótons, bósons W e Z e bósons de Higgs.*

3 ***Resposta:*** *Modelo padrão da Física de partículas é o nome dado à teoria que explica a constituição básica das partículas subatômicas, bem como as interações entre partículas elementares. O modelo padrão é dividido em férmions e bósons em um número total de 17 partículas e 17 anti-partículas.*

4 ***Resposta:*** *A resposta a essa questão é pessoal, no entanto, quando for comentar as respostas produzidas pelos estudantes, argumente com eles sobre*

*as múltiplas tecnologias e conhecimentos oriundos do estudo dos átomos e das partículas subatômicas.*

5 ***Resposta:*** *As forças fundamentais da natureza são as forças forte, fraca, eletromagnética e gravitacional, cujas partículas mediadoras são, respectivamente, glúons, bósons $W^+$, $W^-$ e $Z^0$, fótons e grávitrons (ainda não observados).*

# AULA 3
## *Equivalência Entre Matéria e Energia*

### HABILIDADE

- *Reconhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na geração de energia elétrica, na indústria, na agricultura e na medicina*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

- *Professor(a), para essa aula os estudantes poderão permanecer em seus lugares convencionais, assentados em filas paralelas.*

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Material do estudante, quadro, canetão, Datashow, notebook.*

### INICIANDO

A motivação desta aula é compreender a equivalência entre massa e energia. Você poderá iniciar a aula comentando sobre a geração de energia nas usinas nucleares, mediante o processo de fissão nuclear do Urânio, por exemplo. Em seguida, faça a leitura do texto Equivalência entre massa e energia com os estudantes.

Caso julgue necessário, é possível usar recursos audiovisuais para trazer a atenção dos alunos para o assunto da aula – equivalência entre massa e energia, o professor pode apresentar um vídeo curto sobre o assunto, para tanto, sugerimos um vídeo do youtube (https://www.youtube.com/watch?v=FRX63cCdFeU). Após a exibição do vídeo, siga com a leitura do texto sugerido no material do estudante.

Finalizada a leitura do texto, leia com eles o enunciado do primeiro exercício e deixe um breve intervalo de tempo para que eles façam o exercício por conta própria em seus cadernos, em seguida, resolva o cálculo no quadro com a participação oral dos estudantes (nesse momento, você pode solicitar que algum dos estudantes resolva a questão no quadro, caso haja algum deles que se prontifique a fazê-lo).

O segundo exercício é bastante simples, para resolvê-lo basta converter a quantidade de energia liberada durante a fissão para a unidade de calorias. O último exercício, entretanto, requer a utilização de conhecimentos da calorimetria (equação do calor sensível). Resolva o exercício passo a passo, anote os dados no quadro, explique o significado de cada uma das variáveis apresentadas e em seguida, determine a variação de temperatura que se pede no exercício.

### DESENVOLVENDO

Durante a realização dos exercícios estimule a participação dos estudantes, chaman-

## Anotações

## Anotações

do-os para contribuir com a resolução dos exercícios, pergunte para eles constantemente sobre quais devem ser os passos a seguir para a resolução e avance na resolução conforme a turma participa.

### FINALIZANDO

Depois de ter feito os cálculos no quadro com as orientações dos estudantes, apague o quadro e peça que eles mesmos refaçam o cálculo e em seguida, comente com eles sobre o resultado obtido no último item. O resultado mostra que 1 g de matéria físsil contém energia suficiente para elevar a temperatura de uma piscina olímpica em 8.300ºC.

**1.** $E = mc^2$
$E = 0{,}001.(3.10^8)^2$
$E = 1.10^{-3}.9{,}10^{16}$
$E = 9.10^{13}\ J$

***Orientações* ATIVIDADE 1**

Professor(a), comente com os seus alunos sobre a ordem de grandeza desta quantidade de energia. Para fins de comparação $10^{14}$ J é cem vezes mais energia do que a detonação de 1000 toneladas de dinamite (TNT). É também, maior que a energia liberada pela bomba nuclear detonada em Hiroshima ($6{,}3.10^{13}$ J), durante a segunda guerra mundial.

**2.** $E = 9.10^{13}/4{,}2 = 2{,}1.10^{13}\ cal$
$E = 2{,}1.10^{13}\ cal$

**3.** *Lembre-se de que 1 $m^3$ de água equivale à 1000 kg de água, logo, 2500 $m^3$ equivalem a $2{,}5.10^6$ kg, ou, $2{,}5.10^9$ g.*

$Q = mc\Delta\theta$
$2{,}1.10^{13} = 2{,}5.10^9.1{,}0.\ \Delta\theta$
$\Delta\theta = 2{,}1.10^{13}/2{,}5.10^9$
$\Delta\theta = 0{,}8.10^{(13-9)}$
$\Delta\theta = 0{,}8.10^4\ ^oC$ ou $8.10^3\ ^oC$

**3.** Se todo o calor produzido no processo de fissão nuclear fosse usado para aquecer 2500 m³ de água (volume de uma piscina olímpica), estime qual seria a elevação de temperatura sofrida pelo líquido? (Dados: $c_{ÁGUA}$ = 1,0 cal/gºC).

## AULA 4
### *Processos de Decaimento Radioativo*

**Objetivos de Aprendizagem**

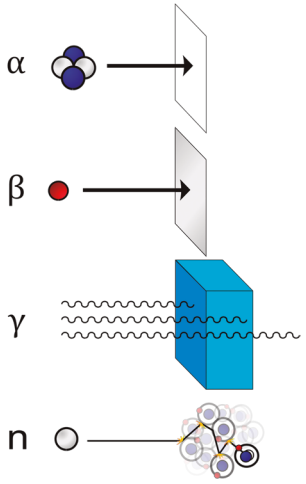
- *Conhecer as características dos principais processos de decaimento radioativo (decaimentos alfa, beta e gama).*

**DECAIMENTOS RADIOATIVOS**

Existem diversos tipos de processos de decaimento radioativo na natureza, no entanto, há algo em comum entre eles: em todos os casos, o núcleo do átomo se desintegra em partes menores, buscando tornar-se mais estável.

Nos diferentes tipos de decaimentos, existem emissões eletromagnéticas, como no caso da radiação gama e radiações corpusculares (partículas), como no caso das radiações alfa e beta.

Os processos de decaimento mais conhecidos são os decaimentos alfa, beta e gama, vamos conhecer um pouco mais sobre eles.




Decaimentos radioativos alfa, beta e gama
Créditos: Wikimedia, Anynobody-commonswiki, CC BY-SA 4.0

## AULA 4
### *Processos de Decaimento Radioativo*

**HABILIDADE**

- *Reconhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na geração de energia elétrica, na indústria, na agricultura e na medicina*

**ORGANIZAÇÃO DA TURMA**

- *Professor(a), para essa aula os estudantes poderão permanecer em seus lugares convencionais, assentados em filas paralelas.*

**MATERIAIS NECESSÁRIOS**

- *Material do estudante, quadro, canetão e/ou giz.*

**INICIANDO**

Professor(a), você pode iniciar essa aula com um curto vídeo motivador que traga a atenção do alunos para a temática da aula, para tanto, sugerimos um vídeo do youtube (*https://www.youtube.com/watch?v=lOVeFSwPagY*) que pode ser usado para abrir as conversas sobre os decaimentos radioativos. Depois de ter assistido o vídeo com os estudantes, indague-os sobre o que eles en-

## Anotações



**Decaimento alfa:** Nesse tipo de decaimento, o núcleo do átomo emite partículas alfa. As partículas alfa são, nada mais que um núcleo de Hélio, isso é, dois prótons, ligados a dois nêutrons. ${}^{4}_{2}\alpha$

A lei que rege os processos de decaimento alfa, indica que um elemento X que sofre esse tipo de decaimento, transformando-se no elemento Y, tendo, desse modo, seu número de massa reduzido em 4, enquanto seu número atômico reduz em 2, confira:

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{Z-4}_{A-2}Y + {}^{4}_{2}\alpha $$

**Decaimento beta:** O decaimento beta consiste na emissão de elétrons ou pósitrons. Pósitrons são antipartículas que apresentam a mesma massa e a mesma carga dos elétrons, entretanto, são carregadas positivamente. Existem, portanto, dois tipos de decaimento beta, conhecidos como β+ e β-.

No decaimento beta +, o átomo decai emitindo um pósitron, portanto, sua carga elétrica diminui em 1 unidade, observe a lei desse decaimento.

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}\beta+ $$

Decaimento beta +

No decaimento beta -, o átomo perde uma carga negativa, portanto, aumenta em 1 seu número atômico, confira a lei que rege os decaimentos beta:

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}\beta- $$

Decaimento beta –

**Decaimento gama:** O decaimento gama é caracterizado pela emissão de ondas eletromagnéticas cuja frequência é localizada na faixa dos raios gama, isso é, é formada por fótons (partículas de luz) de altíssima energia. Entre todas as formas de radiação, essa é a que tem o maior poder de penetração e capacidade de ionização.

Nos decaimentos gama, o elemento não se altera, isso é, o número de prótons, nêutrons e elétrons dos átomos é mantido constante, uma vez que a radiação emitida não apresenta carga elétrica ou massa.

**Exercícios**

Leia e responda em seu caderno:

**1.** **(Enem - adaptada)** O avanço científico e tecnológico da física nuclear permitiu conhecer, com maiores detalhes, o decaimento radioativo dos núcleos atômicos instáveis, desenvolvendo-se algumas aplicações para a radiação de grande penetração no corpo humano, utilizada, por exemplo, no tratamento do câncer.

De acordo com o texto e com os seus conhecimentos, qual é o tipo de radiação ao qual o enunciado se refere? Explique.

**a)** Beta.
**b)** Alfa.
**c)** Gama.
**d)** Raios X.
**e)** Ultravioleta.

**2.** **(IME)** Um isótopo radioativo X transforma-se em um elemento estável Y após reações de desintegração radioativa com emissão de radiação α, radiação β negativa e radiação Y. Assinale a alternativa correta:

**a)** A diferença entre os números de massa de X e de Y será igual à diferença entre o dobro do número de partículas α emitidas e o número de partículas β emitidas.
**b)** A emissão da radiação Y altera o número atômico de X.
**c)** A diferença entre os números atômicos de X e de Y será igual ao quádruplo do número de partículas α emitidas.
**d)** X e Y são isótonos.
**e)** A diferença entre os números de nêutrons de X e de Y será igual à soma do dobro do número de partículas α emitidas com o número de partículas β emitidas.

**3.** **(Enem)** "A bomba  reduz neutros e neutrinos, e abana-se com leque da reação em cadeia"

ANDRADE, C. D. Poesia completa e prosa. Rio de Janeiro, 1973 (fragmento).

Nesse fragmento de poema, o autor refere-se à bomba atômica de urânio. Essa reação é dita "em cadeia" porque na

**a)** Fissão do $^{235}U$ ocorre liberação de grande quantidade de calor, que dá continuidade à reação.
**b)** Fissão do $^{235}U$ ocorre liberação de energia, que vai desintegrando o isótopo $^{238}U$, enriquecendo-o em mais $^{235}U$.
**c)** Fissão do $^{235}U$ ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.
**d)** Fusão do $^{235}U$ com $^{238}U$ ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.
**e)** Fusão do $^{235}U$ com $^{238}U$ ocorre formação de outros elementos radioativos mais pesados, que desencadeiam novos processos de fusão.

tenderam e pergunte-os sobre quais partes do vídeo eles mais gostaram, o quê eles aprenderam de novo e etc.

Peça para que os estudantes façam a leitura do texto sugerido no material do estudante – Decaimentos radioativos, em seguida, questione os estudantes acerca do que eles entenderam sobre o assunto. Nesse momento, tente extrair tudo que eles conseguiram compreender sobre o conteúdo do texto.

## DESENVOLVENDO

Depois de indagados quanto ao conteúdo do texto, inicie a resolução dos exercícios propostos com os estudantes. Faça a leitura com eles e em seguida, esquematize a resolução no quadro, por meio de anotações ou quaisquer recursos que possam ajudá-los a responder aos problemas. Separe um tempo para visitar os estudantes e assim, analisar o progresso de cada um deles.

## FINALIZANDO

Ao final da aula, depois de ter respondido os exercícios, faça um resumo oral com os estudantes, retomando os principais conteúdos abordados, recordando-os das características de cada tipo de emissão radioativa.

**1.** ***c) Gama***

**2.** ***e) A diferença entre os números de nêutrons de X e de Y será igual à soma do dobro do número de partículas α emitidas com o número de partículas β emitidas.***

**3.** ***c) Fissão do $^{235}U$ ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.***

# AULA 5
## *Aplicações Tecnológicas da Energia Nuclear*

### HABILIDADE

- *Reconhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na geração de energia elétrica, na indústria, na agricultura e na medicina.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Professor(a), organize os estudantes em grupos, cada grupo ficará responsável por pesquisar e elaborar um comercial de TV ou de rádio sobre um dos temas relacionados à aplicações tecnológicas das radiações. Separe os estudantes em grupos iguais, com suas carteiras agrupadas (se possível).Sugira para cada um dos grupos dos estudantes que escolham um dos temas a seguir:

- *Agricultura*
- *Medicina*
- *Geração de energia elétrica*
- *Indústria*
- *Manutenção de obras de arte*
- *Bens de consumo*
- *Inspeção de materiais*



AULA 5
*Aplicações Tecnológicas da Energia Nuclear*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Conhecer os diferentes usos da energia nuclear no âmbito industrial, agrícola, na geração de energia elétrica e na medicina.*

**Aplicações Tecnológicas da Energia Nuclear**

A energia nuclear tem um grande número de aplicações tecnológicas. Reúna-se em grupo com os seus colegas e pesquise sobre os diferentes usos da energia nuclear nos seguintes setores:

- *Agricultura*
- *Medicina*
- *Geração de energia elétrica*
- *Indústria*
- *Manutenção de obras de arte*
- *Bens de consumo*
- *Inspeção de materiais*

Agora que já conhecemos um pouco mais sobre como a energia nuclear é utilizada na área aplicação tecnológica que você escolheu, vamos fazer a gravação de um comercial de TV ou rádio.

Este comercial deve tentar convencer um consumidor receoso a utilizar tecnologias relacionadas à energia nuclear. Reúna-se com seus colegas e mãos à obra. Utilize o espaço de anotações para registrar as etapas da criação.

Caso surjam novas ideias para temas, elas poderão ser trabalhadas pelos grupos livremente.

### INICIANDO

Oriente os estudantes a iniciar suas pesquisas sobre o tema escolhido. Comunique-os sobre o objetivo desta atividade: a criação de um comercial de rádio ou TV que defenda o uso da radiação e energia nuclear em cada uma das áreas. Sugerimos que os vídeos ou áudios sejam publicados de forma privada pelos próprios estudantes, mediante autorização prévia dos pais.

## DESENVOLVENDO

Enquanto os estudantes realizam sua pesquisa, você pode visitar os grupos, verificando como está sendo o andamento das pesquisas feitas por cada grupo. Para os grupos que estão em dificuldade, você poderá sugerir buscas como: Aplicações da radiação na medicina, indústria, farmácia, exames de imagem, radioterapia, controle de qualidade etc. Após a etapa de pesquisa, os estudantes iniciarão suas gravações, que poderão ser feitas com recursos da própria unidade educacional ou até mesmo com smartphones próprios ou de colegas.

Estimule a criatividade dos estudantes que tem habilidades e conhecimentos sobre edição de vídeo, e também, aqueles que saibam legendá-los, incorporar imagens, vídeos e publicá-los em sites como o youtube.

## FINALIZANDO

Depois de publicados na internet, os trabalhos dos estudantes deverão ser expostos em sala de aula. O momento pode ser utilizado para a socialização e disseminação do conhecimento.

## Anotações

## Anotações



# Aula 6

## *Avaliando o Que Foi Aprendido*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Articular os conhecimentos e saberes construídos ao longo das aulas e resolver problemas relacionados à radiação, processos de decaimento radioativo e à estrutura e estabilidade da matéria.*

**Exercitando o Conhecimento**

Nas atividades anteriores estudamos sobre diversos aspectos relativos à radioatividade. Nesse momento, você deverá elaborar um mapa mental que relacione os conceitos abordados nas aulas passadas. Se precisar, dialogue com seu professor(a) e com seus colegas para conseguir organizar suas ideias.
Agora que já chegamos até aqui, que tal exercitarmos um pouco do conhecimento que construímos sobre os processos radioativos?

**1.** Considere as afirmações a seguir, acerca de processos radioativos.

**I.** O isótopo radioativo do urânio (A = 235, Z = 92) pode decair para um isótopo do tório (A = 231, Z = 90) através da emissão de uma partícula
**II.** Radioatividade é o fenômeno no qual um núcleo pode transformar-se espontaneamente em outro sem que nenhuma energia externa seja fornecida a ele.
**III.** As partículas α e β emitidas em certos processos radioativos são carregadas eletricamente.
Quais estão corretas?

**a)** Apenas I.
**b)** Apenas I e II.
**c)** Apenas I e III.
**d)** Apenas II e III.
**e)** I, II e III.

**2.** Considere as afirmações sobre radioatividade nuclear.

**I.** Todos os núcleos atômicos são radioativos.
**II.** Todos os núcleos radioativos em uma dada amostra, depois de duas meias vidas, já se desintegraram.
**III.** No decaimento um núcleo em um estado excitado decai para um estado de menor energia pela emissão de um fóton.
Quais estão corretas?

**a)** Apenas I.
**b)** Apenas II.
**c)** Apenas III.
**d)** Apenas I e II.
**e)** I, II e III.

# AULA 6
## *Avaliando o Que Foi Aprendido*

### HABILIDADES

- *Articular os conhecimentos e saberes construídos ao longo das aulas e resolver problemas relacionados à radiação, processos de decaimento radioativo e à estrutura e estabilidade da matéria.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

- *Professor(a), para essa aula os estudantes poderão permanecer em seus lugares convencionais ou em duplas, a critério do(a) professor(a).*

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Caderno do estudante - Aprender Sempre.*

### INICIANDO

Professor, dê início à aula retomando os conceitos trabalhados até então. A atividade será dividida em duas etapas: na primeira, peça que os estudantes elaborem um mapa mental relacionado aos conteúdos abordados nas atividades anteriores. Instrua os alunos a utilizar palavras-chave como Radioatividade, átomos, núcleos atômicos, radiação, energia nuclear, fissão nuclear etc. Aproveite esse momento para fazer uma revisão e para tirar dúvidas dos estudantes antes do início da avaliação da aprendizagem. Solicite aos alunos que façam a atividade que é proposta no material do estudante.

### DESENVOLVENDO

Durante a realização da atividade, caminhe pela sala (atente-se para o cuidado com as medidas se biossegurança) e acompanhe o desenvolvimento da atividade, dando auxílio para aqueles estudantes que não estiverem conseguindo fazer a atividade. Faça intervenções quando julgar necessário, porém, deixe que os alunos respondam as atividades por conta própria.

### FINALIZANDO

Depois que os estudantes finalizarem a atividade proposta, corrija os exercícios, um a um, pacientemente. Explique os passos para chegar à resolução do exercício e também, se há outros modos de chegarmos à mesma resposta. Peça para os estudantes participarem da resolução e use esse momento para revisar conteúdos anteriores e para que os estudantes sintam-se confortáveis de expor dificuldades e dúvidas.

**1.** ***e) I, II e III.***

***Todas as afirmações estão corretas.***

**2.** ***c) Apenas III.***

***Resposta: Na primeira afirmativa, o erro consiste em dizer que todos os núcleos atômicos são radioativos, o que é falso, uma vez que existem núcleos atômicos estáveis. Na segunda afirmativa, o erro consiste em assumir que após duas meias vidas todos os núcleos radioativos se desintegraram, uma vez que, nesse caso, ainda restará ¼ do material radioativo original.***

## Anotações

## Anotações

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- *Radioatividade – videoaula. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=wphktISJEIM Acesso em 29/01/2021.*
- *XAVIER, Allan Moreira et al . Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. Quím. Nova, São Paulo , v. 30, n. 1, p. 83-91.*
- *UNO, EMICO. Radiação – efeitos e benefícios. Oficina de textos, São Paulo, 2018.*
- *SÃO PAULO (ESTADO). Currículo Paulista. São Paulo: SEE, 2019. Disponível em:http://www.escoladeformacao.sp.gov.br/portais/Portals/84/docs/pdf/curriculo_paulista_26_07_2019.pdf. Acesso em: 24 jan. 2021. SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria da Educação. SP Faz Escola- Ciências da Natureza-Caderno do Aluno- 3ª Série Ensino Médio- Volume 3. São Paulo: SEE, 2019.*

# Olá, professor(a)!

Nesta Sequência de Atividades, é desejado que os estudantes desenvolvam julgamentos críticos com relação ao uso da energia nuclear no Brasil e no mundo. Com o desenvolvimento das atividades, esperamos que os estudantes se tornem capazes de compreender os impactos da energia nuclear pelos pontos de vista científico, tecnológico e social, bem como avaliar a necessidade do uso da energia nuclear face à matriz energética disponível em sua região.

Nosso objeto de conhecimento – núcleos estáveis e instáveis, Radioatividade natural e induzida – abre um grande leque de possibilidades de estudo e muitos caminhos diferentes; no entanto, em atenção à habilidade essencial, citada abaixo, nosso princípio norteador foi a pesquisa e argumentação acerca do uso da energia nuclear no Brasil e no mundo.

Consideramos importante que o estudante compreenda como ocorrem e quais são as transformações da energia em uma usina nuclear até chegarmos a seu produto final, a eletricidade; buscamos que o estudante seja capaz de perceber quais são os aspectos físicos pertinentes em sua região que apontem ou não a necessidade do uso da energia nuclear; procuramos estimular o senso crítico nos estudantes, com base em pesquisas orientadas e diálogos, de modo que eles sejam competentes para avaliar, mesmo que a curto prazo, quais são os possíveis impactos ambientais que uma usina nuclear poderia acarretar em seu ambiente.

Nossos objetivos de aprendizagem também englobam as dimensões técnicas envolvidas com a implementação das usinas nucleares. Nesse sentido, almejamos que os estudantes descubram a riqueza de conhecimento que envolve o combustível utilizado nas usinas nucleares, reconhecendo tecnologias e processos empregados desde sua obtenção na natureza até seu refino para fins energéticos. Ao fim de todo o processo, queremos que o estudante esteja apto a comparar os custos oriundos da energia nuclear com outras formas de energia capazes de gerar eletricidade em larga escala.

Ressaltamos também que o objeto de conhecimento desta Sequência de Atividades, por ser relacionado a assuntos apreciados por uma grande quantidade de estudantes, pode ser usado para mobilizar e aprofundar habilidades e conhecimentos de anos anteriores. Ressaltamos as habilidades utilizadas para a elaboração desta Sequência de Atividades, e que podem ser incorporadas ao modo de trabalho do docente:

**HABILIDADE ESSENCIAL:**

- *Pesquisar e argumentar acerca do uso de energia nuclear no Brasil e no mundo.*

**2ª SÉRIE EM:**

- *Identificar e caracterizar a conservação e as transformações de energia em diferentes processos de geração e uso social; comparar diferentes recursos e opções energéticas.*

## Anotações

**SARESP:**

- *H45 Reconhecer transformações nucleares que dão origem à radioatividade.*

A fim de atingirmos o objetivo comum de emancipar estudantes quanto ao uso crítico da energia nuclear, sugerimos a seguinte disposição de aulas

| AULA / TEMPO | ATIVIDADE |
|---|---|
| **1ª aula / 45 min** | Transformações de energia |
| **2ª aula / 45 min** | Onde a energia nuclear é necessária? |
| **3ª aula / 45 min** | Impactos ambientais envolvidos no uso da energia nuclear |
| **4ª e 5ª aula / 90 min** | Como funcionam os reatores nucleares? |
| **6ª aula / 45 min** | Quando a energia nuclear vale a pena? |

É desejado que o curso das atividades propostas nesta sequência ocorra de forma interativa, com a participação ativa dos estudantes e com o professor instigando a curiosidade e o raciocínio crítico.

Professor, sinta-se à vontade para adaptar esta Sequência de Atividades conforme as suas demandas e a realidade de suas turmas.

**Desejamos a você e a nossos estudantes um ótimo trabalho!**

# AULA 1
## *Transformações de Energia*

### HABILIDADE

- *Pesquisar e argumentar acerca do uso de energia nuclear no Brasil e no mundo.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

- *Para esta atividade, os estudantes podem ser organizados em filas paralelas ou em grupos iguais, caso haja possibilidade. Em virtude da pandemia causada pela Covid-19, é importante seguir as orientações vigentes, respeitando o distanciamento entre os estudantes, de acordo com as recomendações dos órgãos de saúde.*

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Material do estudante, folha sulfite.*

### INICIANDO

Professor(a), para iniciarmos as discussões sobre as transformações de energia, sugerimos a realização de uma atividade diagnóstica que possibilite aos estudantes expressarem seus conhecimentos prévios acerca da temática proposta. Solicite que os estudantes respondam o questionário da **ATIVIDADE 1**, sobre as transformações de energia, de maneira breve e objetiva em seu material, como uma forma de registro. Por meio deste questionário, os estudantes conseguirão participar mais facilmente das etapas seguintes da atividade.

## Anotações

## Anotações

**1.** *De onde vêm a energia nuclear? Explique.*

**Sugestão de resposta:** A energia nuclear é proveniente das ligações entre as partículas constituintes do núcleo atômico.

**2.** *É possível observar a energia nuclear na natureza? Onde?*

**Sugestão de resposta:** A energia nuclear está presente em todo o tipo de decaimento radioativo. Constantemente os átomos instáveis sofrem esses tipos de reações, dando origem a diferentes elementos, além disso a energia das estrelas é proveniente da fusão de átomos de hidrogênio, hélio etc.

**3.** *Você já assistiu à alguma série, filme ou documentário sobre energia nuclear ou temas afins? Se sim, quais? O que te chamou mais atenção?*

**Sugestão de resposta:** A resposta é pessoal. No entanto é desejado que o estudante ressalte quais são seus pontos de interesse ao estudar este tema.

**4.** *Quais usos da energia nuclear você conhece?*

**Sugestão de resposta:** Resposta pessoal. Entretanto, o estudante pode falar sobre alguns dos seguintes usos: geração de energia elétrica, produção de raios-x, tratamentos oncológicos, esterilização de instrumentos cirúrgicos.

**5.** *Você acha que a energia nuclear pode ser perigosa? Explique.*

**Sugestão de resposta:** Resposta pessoal. No entanto, o estudante pode ressaltar quais são os perigos da radiação para fundamentar sua resposta, tais como o surgimento de mutações genéticas, queimaduras etc.

**6.** *Quais fatores você acredita serem necessários para justificar a necessidade de uma usina nuclear?*

**Sugestão de resposta:** Resposta pessoal. O estudante pode ressaltar a falta de rios, o isolamento geográfico ou, ainda, o custo-benefício das usinas nucleares.

Depois disto, propomos que você inicie a aula fazendo uma roda de conversa com os estudantes. Essa conversa tem como intuito descobrir o que os estudantes já sabem a respeito do tema. Pergunte a eles o que leram ou assistiram sobre o assunto; descubra o que eles sabem sobre o funcionamento das usinas nucleares. Pergunte a eles sobre quais assuntos relacionados se interessam, qual fonte utilizam para aprender sobre energia nuclear e indague-os quanto a acontecimentos recentes relacionados a usinas nucleares, pergunte se eles sabem algo sobre o combustível usado nas usinas nucleares. Esse momento inicial servirá para que os estudantes se sintam mais à vontade para verbalizar o conhecimento que já têm sobre a temática da primeira atividade; nesse sentido, permita que todos falem e atente-se para que suas falas não sejam interrompidas, porém, encoraje comentários e a participação de outros estudantes.

## AULA 1

### Transformações de Energia

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Compreender as transformações de energia envolvidas na produção da energia elétrica em usinas nucleares.*

**Como as Usinas Nucleares Transformam a Energia?**

Que tal começarmos nossa primeira atividade exercitando nossa memória e descobrindo o que já sabemos sobre energia nuclear? Antes de começarmos nossa primeira atividade, tente responder às seguintes questões de forma simples e objetiva.

**1.** De onde vêm a energia nuclear? Explique.

**2.** É possível observar a energia nuclear na natureza? Onde?

**3.** Você já assistiu à alguma série, filme ou documentário sobre energia nuclear ou temas afins? Se sim, quais? O que te chamou mais atenção?

**4.** Quais usos da energia nuclear você conhece?

**5.** Você acha que a energia nuclear pode ser perigosa? Explique.

**6.** Quais fatores você acredita serem necessários para justificar a necessidade de uma usina nuclear?

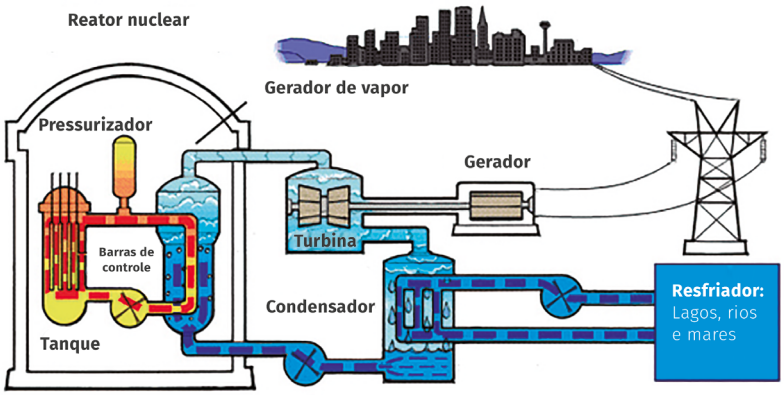
## Anotações

## Anotações



A capacidade de transformar a energia é uma das maiores conquistas da humanidade. A partir do atrito, fomos capazes de produzir energia térmica e dominar o fogo. Manipulando o curso das águas e aproveitando a direção dos ventos, fomos capazes de movimentar grandes máquinas, processar alimentos, velejar pelos mares etc.

As usinas nucleares são o exemplo claro de uma grande quantidade de transformações de energia que começam no núcleo do átomo e terminam na condução de elétrons nos fios de alta tensão que distribuem a energia elétrica aos consumidores finais.




Nas **usinas nucleares,** nêutrons lentos (nêutrons de baixa energia cinética), oriundos de uma fonte natural de radiação, iniciam um processo de reação em cadeia, fazendo com que os núcleos dos átomos do combustível nuclear, que está dentro do reator nuclear sofram fissões, ou seja, quebram-se em partes menores. Esse processo libera uma enorme quantidade de calor, que é irradiado para um circuito interno de água, denominado circuito primário. A água do circuito primário pode atingir temperatura acima de 300ºC e não se transforma em vapor, pois nesse circuito a água está submetida a uma pressão muito alta devido a ação de um pressurizador.

Outro circuito de água, o circuito secundário, absorve parte do calor emitido pelo circuito principal sem que haja qualquer contato entre os líquidos. A água do circuito secundário é pressurizada e transformada em vapor, esse vapor, por sua vez, empurra uma turbina que move as pás de um gerador.

No interior do gerador, uma associação de ímãs e bobinas (fios condutores enrolados) produz a energia elétrica graças a um importante fenômeno físico conhecido como indução eletromagnética. Seja nas usinas nucleares, hidráulicas, termelétricas etc., a energia elétrica é produzida da mesma forma – a variação de um fluxo de campo magnético produz uma corrente elétrica, que é transmitida pelas fiações, chegando até nossas residências.

Em seguida, a água do circuito secundário passa por um condensador e volta para fase líquida, assim retorna ao gerador de vapor e o processo se repete. O condensador recebe água do mar ou de um rio, e, é denominado circuito terciário.

## DESENVOLVENDO

Durante a sondagem dos conhecimentos prévios, anote no quadro as palavras-chave que considerar pertinentes nas falas dos estudantes. Essa coletânea será o "quadro conceitual" da atividade. Após ter conseguido uma quantidade razoável de conceitos, distribua folhas de papel em branco para os estudantes e peça que eles expressem as suas sensações, conhecimentos, curiosidades, dúvidas, receios e outros sentimentos que julgarem importantes, diretamente na folha de papel. Encoraje-os a escrever, desenhar, fazer poesias, elaborar palavras cruzadas ou jogos de adivinhação, compor, fazer dobraduras de papel, elaborar mapas mentais etc. Nesse momento é importante que eles exerçam a criatividade sendo capazes de expressar seus conhecimentos prévios na forma que acharem mais conveniente. Caso haja estudantes que não consigam expressar suas ideias no papel, peça a eles que leiam o texto motivador da **ATIVIDADE 1**, constante no material do estudante. Sugira que eles expressem algo do texto na forma que achar conveniente. Estipule um tempo para que os estudantes desenvolvam suas produções, uma vez que a próxima parte desta atividade será usada para a exposição de ideias.

## FINALIZANDO

Assim que os estudantes tiverem finalizado suas produções, peça que façam a leitura do texto da **ATIVIDADE 1**, a saber: *Como as usinas nucleares transformam a energia?* presente no Caderno do Estudante Vol. 3. Depois disso, nos momentos finais da aula, convide os estudantes a expor seus trabalhos ao restante da turma. Faça uma exposição com os trabalhos daqueles alunos que se dispuseram a compartilhar suas criações. O momento é de descontração, mas deve ser levado a sério. Atente-se para que nenhum estudante seja exposto a críticas vexatórias e aponte sempre os pontos positivos de cada produção.

## Anotações

## Anotações

# AULA 2

## *Onde a Energia Nuclear é Necessária?*

### HABILIDADE

- *Pesquisar e argumentar acerca do uso de energia nuclear no Brasil e no mundo.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

- *Se possível, forme trios de estudantes para realizar esta atividade. Em virtude da pandemia causada pela Covid-19, é importante seguir as orientações vigentes, respeitando o distanciamento entre os estudantes, de acordo com as recomendações dos órgãos de saúde.*

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Material do estudante, quadro, pincel.*

### INICIANDO

Solicite que os estudantes façam a leitura do texto constante no material do estudante; em seguida, instrua-os a fazer uma listagem com os fatores que eles acreditam tornar a instalação de usinas nucleares necessária, desejável, viável ou inviável. Confira alguns exemplos:

- *Potencial hídrico reduzido (poucos rios ou rios poucos volumosos);*
- *Demanda de grande quantidade de energia elétrica para atividade industrial;*
- *Baixa incidência de radiação solar;*
- *Potencial eólico reduzido, isolamento geográfico;*
- *Espaço físico reduzido etc.;*
- *Lixo nuclear;*
- *Proximidade do mar e de rios;*
- *Presença de espécies ameaçadas;*
- *Grande densidade populacional nas proximidades;*
- *Risco de acidentes naturais (tsunamis, terremotos);*
- *Desenvolvimento econômico.*

### DESENVOLVENDO

Recolha as listas produzidas e analise-as rapidamente e, então, transcreva os critérios elencados pelos estudantes no quadro. Depois disso, leia-os com a turma e debata com os estudantes sobre a relevância de cada um dos critérios para a instalação de uma planta nuclear em sua região. Estimule os alunos a argumentarem, ressaltando os pontos positivos e negativos que sua região apresenta com relação aos critérios apresentados.

### FINALIZANDO

Finalize a aula solicitando que os estudantes escrevam um pequeno texto resumindo aquilo que eles conseguiram aprender durante a aula. Instrua os estudantes a responderem à seguinte questão: Precisamos da energia nuclear? Explique. Essa etapa de conclusão do debate é de grande importância para exercitar a capacidade de síntese. Para tanto, é necessário que as conversas sejam momentaneamente cessadas e que os estudantes se concentrem na confecção de seu resumo sobre o debate.

# AULA 2

## *Onde a Energia Nuclear é Necessária?*

**Objetivos de Aprendizagem da Aula**

- *Avaliar a necessidade da implementação de usinas nucleares, de acordo com a matriz energética disponível na região.*

### PRECISAMOS DA ENERGIA NUCLEAR?

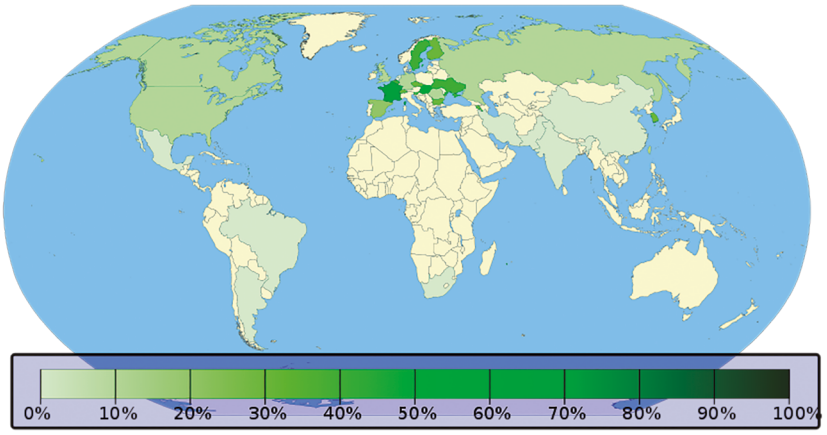
A energia nuclear traz consigo uma grande quantidade de benefícios para diversas comunidades no mundo todo. Entretanto, existem casos em que as usinas nucleares não são necessárias, como nos países que apresentam uma grande variedade de recursos energéticos: energia hidráulica, eólica, solar, geotérmica etc.

Reflita sobre as seguintes questões:

- *Sua região necessita da energia nuclear?*
- *Quais são as condições que tornam a instalação de uma usina nuclear imprescindível? Reflita.*
- *Quais são os benefícios, malefícios e riscos em potencial que a instalação de uma usina nuclear traria para sua comunidade? Reflita.*

Por fim, analise brevemente o mapa abaixo, nele é possível observar em quais regiões do mundo existem centrais nucleares. Você consegue extrair alguma informação a partir deste mapa?

Agora que você já refletiu um pouco sobre o tema, elabore um texto que responda à seguinte questão: **Precisamos da energia nuclear, por quê?**




Créditos: NuclearVacuum, Wikimedia Commons.

O mapa mostra que os países mais desenvolvidos e com menor potencial hidráulico utilizam mais a energia nuclear.

## Anotações

# AULA 3
## *Impactos Ambientais Envolvidos no Uso da Energia Nuclear*

### HABILIDADE

- *Pesquisar e argumentar acerca do uso de energia nuclear no Brasil e no mundo.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Professor(a), nesta aula os estudantes poderão permanecer em seus lugares convencionais, em filas paralelas. Após a exibição do vídeo, a turma será reorganizada de modo que as metades fiquem frente a frente. É importante seguir as orientações vigentes, respeitando o distanciamento entre os estudantes, de acordo com as recomendações dos órgãos de saúde.

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Material do estudante, Datashow, notebook.*

### INICIANDO

Professor(a), você poderá iniciar a aula exibindo um vídeo que trate das consequências do uso da energia nuclear para o meio ambiente. Para tanto, temos algumas sugestões:

- *Ciência Todo Dia: A crise do lixo nuclear. https://www.youtube.com/watch?v=YvwmzdoJPAg*
- *Minuto Energia: Energia nuclear no Brasil. https://www.youtube.com/watch?v=YvwmzdoJPAg*

Caso os recursos tecnológicos não permitam a exibição das mídias sugeridas, solicite que os estudantes façam a leitura do texto da **ATIVIDADE 3**, presente no Caderno do Estudante.

Professor(a), os vídeos são somente sugestões, caso julgue necessário, você



AULA 3
*Impactos Ambientais Envolvidos no Uso da Energia Nuclear*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Avaliar os possíveis impactos ambientais envolvidos no uso da energia nuclear.*

### A ENERGIA NUCLEAR É LIMPA?

A energia nuclear não é renovável como a energia eólica, solar e hidráulica, uma vez que os recursos utilizados nas usinas nucleares não se restabelecem na natureza. Apesar disso, a energia nuclear é considerada, por muitos, uma energia limpa, pois quase não ocorrem emissões de gases poluentes durante a geração de eletricidade pelas usinas nucleares.

Você já deve ter visto alguma imagem em que uma usina nuclear está posicionada ao lado de grandes chaminés que parecem liberar uma enorme quantidade de "gases". O que essas chaminés emitem é, na verdade, vapor de água, sem qualquer contaminante radioativo. Perceba que todas as usinas nucleares são construídas próximas a mar e rios, e isso acontece em razão da necessidade de se resfriar o vapor d'água que move os geradores de eletricidade, conforme vimos na primeira aula dessa sequência.

Todo o vapor que as usinas nucleares produzem resulta do processo de condensação do vapor de água que circula pelo circuito secundário de água centrais nucleares. É nesse circuito que o vapor de água se expande, movimentando os reatores que produzem a energia elétrica.

Usina nuclear emitindo vapor d'água, localizada na Suíça. Crédito da imagem:

Nuclear Power Plant Cattenom, CC BY-SA 3.0 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear_Power_Plant_Cattenom.jpg>, via Wikimedia Commons

pode escolher algum material em formato audiovisual que atenda melhor o perfil de seus estudantes.

O vídeo servirá como motivador para um debate a ser feito em sala de aula, no qual metade dos estudantes defenderá os benefícios ecológicos propiciados pelo uso da energia nuclear, enquanto a outra metade defenderá a não utilização dessa forma de energia, em virtude de seus malefícios.

Após a exibição do(s) vídeo(s), solicite que os estudantes virem suas carteiras e que uma metade da sala fique voltada para a outra metade. O professor deverá selecionar, por meio de sorteio ou por afinidade, os estudantes que serão contra e os que serão a favor do uso da energia nuclear, face às consequências ecológicas dela decorrentes.

## DESENVOLVENDO

O papel do professor durante o debate é o de mediador. Ele deverá passar a palavra aos grupos, que terão de organizar e defender seus argumentos durante um tempo definido pelo professor. Além disso, os estudantes deverão trabalhar sua capacidade de ouvir e responder; portanto, caso seja necessário, os grupos poderão perder ou ganhar pontos com base em seu nível de organização, ausência de interrupções, clareza de argumentos etc. Sugerimos que o debate seja guiado por questões como:

- *Alguma espécie seria afetada pela instalação de uma usina nuclear?*
- *A produção de lixo nuclear afetaria de algum modo a saúde das pessoas e demais seres vivos?*
- *O aquecimento da água causado pela energia nuclear traria consequências para a vida aquática?*
- *A presença de uma usina nuclear reduziria a emissão de gases estufa emitidos por usinas termelétricas da região?*

Durante o debate, o professor pode sugerir novas perguntas para guiar o debate, de modo que os estudantes não fujam do assunto.

## FINALIZANDO

Professor(a), depois do debate acerca dos efeitos que a energia nuclear pode ter sobre o meio ambiente, faça um resumo retomando aquilo que foi discutido e ressaltando os pontos mais importantes. Aproveite para retomar também alguns dos conceitos trabalhados nas atividades anteriores, se achar necessário, transcreva essas informações no quadro para que os estudantes as registrem em seus cadernos, isso vai facilitar a retomada posterior de conteúdo.

## Anotações

## Anotações



# AULAS 4 e 5

## *Como Funciona um Reator Nuclear?*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Compreender o funcionamento básico dos reatores e conhecer o combustível utilizado nas usinas nucleares, da sua obtenção ao refinamento.*

### COMO FUNCIONA UM REATOR NUCLEAR?

Os reatores nucleares são peças-chave no funcionamento de uma usina nuclear, afinal, é de lá que toda a energia é extraída. O principal combustível utilizado nas usinas nucleares é o urânio enriquecido.

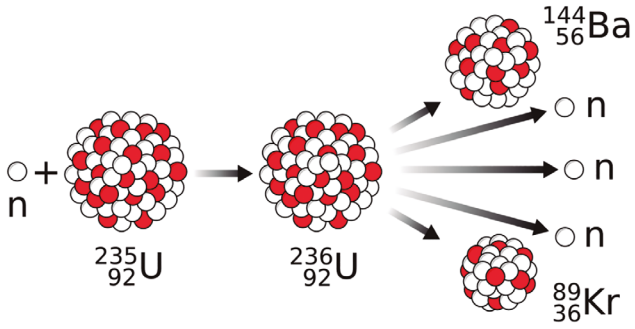
O urânio é extraído da natureza na forma de minério, no entanto, esse minério não está pronto para ser utilizado nas usinas nucleares, uma vez que, aproximadamente 0,7% de todo o urânio minerado vem na forma de urânio-235 (o restante é urânio-238), necessário para manter o processo de fissão nuclear. Por esse motivo, o urânio passa por um processo chamado enriquecimento. O processo consiste em uma separação dos isótopos mais leves por meio da centrifugação.

Cada usina funciona com uma certa porcentagem de urânio-235 que geralmente é de 3%, no caso das usinas nucleares que operam no Brasil (de acordo com a usina, os combustíveis podem variar). Esse material é encapsulado e colocado em hastes metálicas que são inseridas diretamente no núcleo do reator nuclear.

O processo de fissão nuclear precisa de um pontapé inicial que é feito a partir da emissão de nêutrons lentos, provenientes de alguma fonte natural de radiação, como os átomos de califórnio, césio etc.

Esses nêutrons lentos, de baixa energia cinética, são absorvidos pelos núcleos dos átomos de urânio-235, que se transformam em átomos de urânio-236.

O urânio-236 é um isótopo do urânio-235, isso é, tem o mesmo número de prótons, porém, tem um nêutron a mais. A presença deste nêutron torna este isótopo instável, por isso, ele rapidamente se desintegra, formando átomos mais leves e liberando 3 nêutrons que, se absorvidos, podem dar início à outras três fissões nucleares.




Créditos de imagem: MikeRun, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons
A figura mostra a reação que leva à fissão nuclear do urânio usado nas usinas nucleares

# AULAS 4 e 5

## *Como Funcionam os Reatores Nucleares?*

### HABILIDADE

- *Pesquisar e argumentar acerca do uso de energia nuclear no Brasil e no mundo.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

- *Professor(a), nesta aula os estudantes poderão permanecer em seus lugares convencionais, assentados em filas paralelas. Após a exibição do vídeo, os alunos poderão ser dispostos em círculo para desenvolverem uma roda de conversa. É preciso ressaltar que a exibição de vídeos é condicionada à disponibilidade de recursos tecnológicos em cada unidade educacional, podendo ser substituídos pela leitura do texto presente no Caderno do Estudante. É importante seguir as orientações vigentes, respeitando o distanciamento entre os estudantes, de acordo com as recomendações dos órgãos de saúde.*

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Material do estudante, quadro, canetão, Datashow, notebook.*

### INICIANDO

Professor(a), sugerimos que você inicie a aula promovendo um diálogo com os estudantes, para entender o que eles sabem acerca do funcionamento de um reator de uma usina nuclear. Estimule-os a verbalizar aquilo que já assistiram, leram ou ouviram sobre o assunto.

Solicite que os estudantes façam, com você, a leitura do texto constante no Caderno do Estudante. Tente realizar pausas durante as leituras, para que os estudantes possam fazer perguntas ou observações.

Professor(a), havendo a possibilidade de utilização de recursos audiovisuais, busque aplicá-los durante o decorrer da atividade. Isso torna o processo de ensino-aprendizagem mais rico em experiências e percepções. Nesse sentido, sugerimos um vídeo que mostra como é uma usina nuclear por dentro. Neste vídeo, são explicados os processos básicos de funcionamento de uma usina nuclear (*https://www.youtube.com/watch?v=ZsR-2zkEwCM*).

A seguir, sugerimos alguns vídeos que podem auxiliar o entendimento dos estudantes sobre o funcionamento das usinas nucleares:

- *Canal Superinteressante: https://www.youtube.com/watch?v=Px-wrOBfDMs*
- *Help Química: https://www.youtube.com/watch?v=QFmPKxCkYqo*
- *Testando Vídeos: https://www.youtube.com/watch?v=b3DCXbuG1cg*

O intuito do vídeo é, além de chamar a atenção dos estudantes, ajudá-los a compreender o funcionamento básico de um reator nuclear. Portanto, sempre que necessário, pause o vídeo e faça perguntas sobre o que estão assistindo, se estão compreendendo o que foi dito, se há dúvidas quanto ao funcionamento dos reatores etc.

Após a exibição do vídeo solicite que os estudantes se disponham em um padrão circular para o desenvolvimento da roda de conversa.

## Anotações

## Anotações

### DESENVOLVENDO

Professor(a), neste momento você mediará a roda de conversa e fará perguntas aos estudantes acerca do funcionamento de um reator nuclear; para tanto, temos algumas sugestões:

- *Qual é o combustível utilizado nos reatores nucleares?*
- *Como é obtido o combustível usado nos reatores nucleares?*
- *Como o processo de fissão nuclear é iniciado?*
- *Como é possível controlar a velocidade da fissão nuclear no interior do reator?*
- *Qual é o papel da água no interior do reator?*
- *É possível desligar uma usina nuclear a qualquer momento?*
- *Qual é a função do moderador utilizado nos reatores nucleares?*
- *No que consiste o processo de refinamento do urânio?*
- *Por qual razão as usinas nucleares precisam ser instaladas próximas aos rios e mares?*
- *Existem jazidas de urânio no Brasil? Onde ficam?*
- *O Brasil realiza o processo de refinamento de urânio?*

Professor(a), essas são apenas algumas sugestões que poderão ajudá-lo(a) a guiar essa conversa entre os estudantes. Sinta-se livre para tratar de outros assuntos correlatos que considerar relevantes, de acordo com o desenvolvimento da conversa.

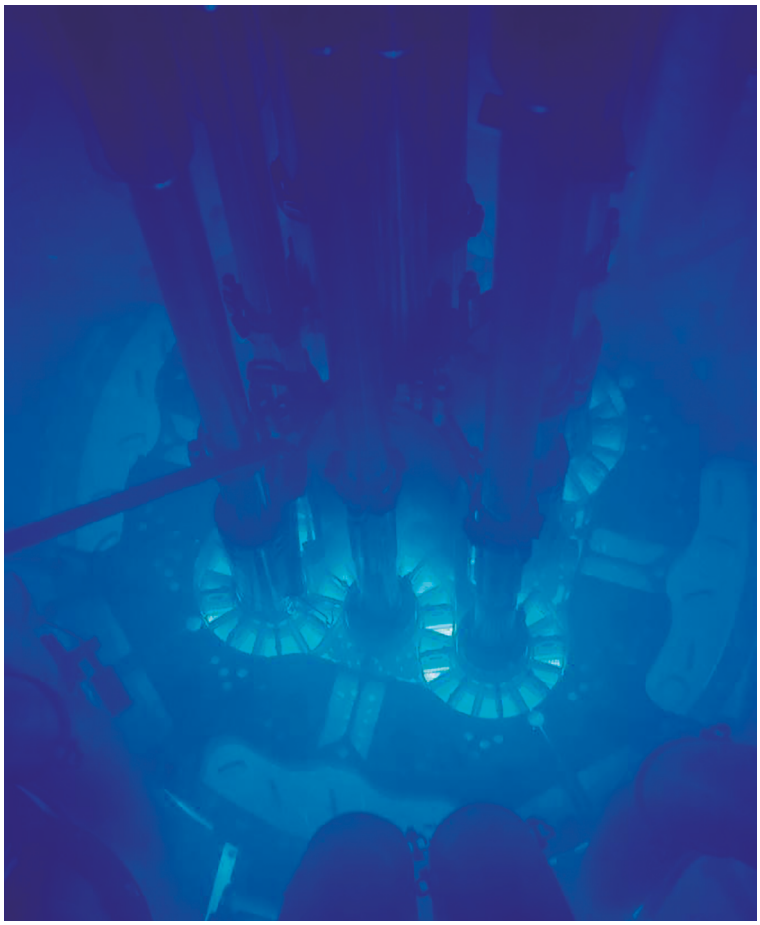
Durante a conversa, é natural que os estudantes não conheçam as respostas para todas essas perguntas, no caso você pode permitir, caso queira, que eles realizem pesquisas simultaneamente ao debate, uma vez que, nesse momento, o mais importante é a participação de todos(as). Procure sempre tomar nota dos pontos ressaltados pelos estudantes e estimule-os a participar por meio da oralidade.

Durante a realização da roda de conversa, peça que registrem as informações discutidas. Oriente-os que os conceitos debatidos serão revisitados nas aulas seguintes e que suas anotações os ajudarão futuramente a organizar melhor os seus argumentos.

### FINALIZANDO

Ao final da roda de conversa, procure retomar o que foi discutido, levantando os pontos importantes nas falas dos estudantes e buscando valorizar suas contribuições. Abra um espaço para dúvidas, críticas ou sugestões, de modo que os estudantes se sintam parte do processo, e não somente espectadores. Nesse momento, sugerimos que o(a) professor(a) faça um sorteio entre os estudantes e separe-os em três grupos distintos, que serão necessários para a execução da **Atividade 6**.

O processo de fissão nuclear é extremamente energético, dessa maneira os nêutrons emitidos pelos núcleos desestabilizados são emitidos em velocidades elevadas. Tal velocidade dá origem ao fenômeno conhecido como efeito Cherenkov, caracterizado pela emissão de um brilho característico, de cor azulada. Esse efeito surge quando as partículas se movem com velocidade superior à própria velocidade de propagação da luz nos meios materiais, como o ar ou água. Graças à sua enorme velocidade, os nêutrons dificilmente são capturados por núcleos de urânio-235. Para resolver esse problema, os reatores nucleares são envolvidos por alguma substância moderadora.



Créditos de imagem: Argonne National Laboratory, CC BY-SA 2.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>, via Wikimedia Commons

## Anotações

## Anotações

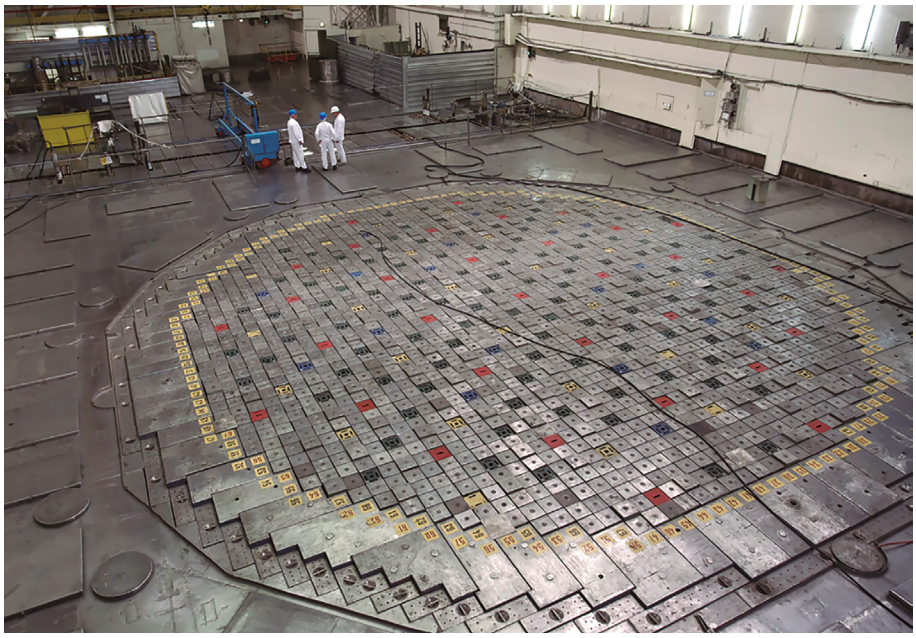


Os reatores nucleares emitem um brilho característico, chamado radiação Cherenkov. O efeito surge quando as partículas se movem mais rápido que a luz naquele meio.

O moderador é um meio que desacelera os nêutrons, fazendo com que eles sejam "capturados" pelos núcleos dos átomos mais facilmente, dando assim continuidade a um processo de fissão nuclear controlada. Uma vez que o processo de fissão nuclear se torna autossustentável, passamos a chamá-lo de crítico; quando ocorre o contrário, o processo de fissão que não se sustenta é chamado de subcrítico.

A maior parte dos reatores nucleares em operação atualmente utiliza a água como substância moderadora, no entanto, ainda existem reatores que são moderados por carbono, a tecnologia que era usada no reator da usina de Chernobyl, localizada na Ucrânia.

Uma vez que o processo de fissão é iniciado e se torna crítico, ele não é mais interrompido, e o reator passa a ser periodicamente abastecido com hastes carregadas de cápsulas de urânio enriquecido. Caso seja necessário reduzir a potência emitida pelo reator, os operadores podem inserir hastes carregadas com cápsulas de elementos que são bons em absorver nêutrons livres, como é o caso do elemento boro. Esses elementos que são capazes de capturar nêutrons livres reduzem a velocidade da reação nuclear.



Créditos de imagem: RIA Novosti archive, image #305011 / Alexey Danichev / CC-BY-SA 3.0, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons

Sala de um reator nuclear similar ao utilizado na usina de Chernobyl. As hastes de coloração vermelha e amarela são hastes de controle, as azuis, são emissoras de neutros lentos e as cinzas, são os tubos recheados de materiais radioativos.

Para segurança dos trabalhadores e da população que mora nas proximidades das usinas nucleares, os reatores são geralmente envolvidos em escudos de muitas toneladas, geralmente, de aço e concreto. Essa proteção é necessária por conta da enorme pressão exercida sobre a água presente no reator, que pode facilmente atingir 150 atm (1 atm é a pressão atmosférica da Terra ao nível do mar).

## Anotações

## Anotações

# AULA 6

## *Quando a Energia Nuclear Vale a Pena?*

### HABILIDADE

- *Pesquisar e argumentar acerca do uso de energia nuclear no Brasil e no mundo.*

### ORGANIZAÇÃO DA TURMA

Professor(a), organize os estudantes em três grandes grupos. Os grupos podem ser formados a partir de sorteio ou escolhidos de acordo com afinidade ou qualquer outro critério definido pelo(a) professor(a). As carteiras poderão permanecer alinhadas em filas paralelas para esta atividade. É importante seguir as orientações vigentes, respeitando o distanciamento entre os estudantes, de acordo com as recomendações dos órgãos de saúde.

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- *Material do estudante, quadro, canetão, Datashow, notebook.*

### INICIANDO

Esta atividade trata de um júri simulado, na qual o professor tem o papel de mediar um julgamento sobre a possibilidade de instalação de uma usina nuclear em sua cidade. Sendo assim, é importante fazer a retomada dos temas que foram estudados em cada aula dessa sequência de atividades e, em seguida, será necessário dividir os alunos em três grupos: acusação, defesa e júri.

O júri tem o papel de votar a favor ou contra a instalação da planta nuclear; para isso, os integrantes precisarão ser persuadidos pelos grupos de acusação e defesa, que deverão expor argumentos de forma clara e objetiva. Instrua os jurados a fazerem anotações relacionadas às falas da acusação e da defesa.

### DESENVOLVENDO

Professor(a), a ordem de fala poderá ser definida por sorteio. Idealmente, cada estudante de um dos grupos deverá expor um argumento; entretanto, para que isso funcione é necessário que o tempo de fala seja rigorosamente cronometrado. Depois de o primeiro grupo expor seu primeiro argumento, o grupo de defesa tem direito a uma réplica, de mesma duração. Professor(a), lembre-se de que os grupos de acusação e defesa devem conquistar os votos dos jurados; por isso, relembre-os de que o seu papel nesse debate é meramente mediador.

Após a réplica, faça uma breve pausa e oriente os jurados a deliberar entre si, relembre-os de anotar os pontos altos e baixos dos argumentos apresentados, quais fatos lhes chamaram mais a atenção, quais partes dos argumentos de defesa lhes pareceram mais coerentes etc.

Passado o tempo de deliberação, o júri deve definir o grupo vencedor da rodada. Este deve ser escolhido com base na maioria dos votos individuais dos jurados; para tanto, um dos estudantes ficará encarregado de receber esses votos, contá-los e anotar os resultados. É importante que, durante o processo, os votos permaneçam secretos, de modo que os grupos de acusação e de defesa não se envolvam em demasia na disputa pelos votos,

# AULA 6

## *Quando a Energia Nuclear Vale a Pena?*

**Objetivos de Aprendizagem**

- *Avaliar criticamente os pontos positivos e negativos relacionados à instalação de centrais nucleares.*

### QUANDO A ENERGIA NUCLEAR VALE A PENA?

No desenvolvimento dessa sequência de atividades estudamos as transformações de energia em uma usina nuclear, as regiões que necessitam desse tipo de usina, os impactos envolvidos no uso da energia nuclear e o funcionamento do reator nuclear. Com base nas aulas anteriores reflita sobre as questões abaixo.

Você já parou para pensar em quais seriam as mudanças que uma usina nuclear traria à sua região? Quais seriam as consequências ecológicas, econômicas, sociais etc.? A resposta para essas questões não é nada simples e requer muitos estudos e um debate sério. Portanto, depois de termos estudado tanto sobre a energia nuclear, que tal termos uma conversa séria sobre o assunto?

Vamos realizar uma atividade chamada júri simulado. Nesta atividade, os estudantes serão divididos em três grupos – júri, defesa e acusação. Para isso, reúna-se com seus colegas e defenda seu ponto de vista, fazendo parte de um grupo que defende a instalação de uma usina nuclear, de um grupo que se opõe à instalação de uma usina nuclear e do último grupo, que vota de acordo com as ideias propostas por esses grupos. Conversem entre si, elaborem argumentos que sustentem seus pontos de vista e os transmitam aos jurados de forma clara e objetiva, atentando-se ao tempo de fala e ao respeito com o momento de fala de cada um dos seus colegas. Vamos lá?

## Anotações

## Anotações

para que mantenham o foco na elaboração e apresentação dos argumentos de forma organizada.

Professor(a), a proposta do júri vai além da formulação de argumentos, uma vez que, durante a atividade, os alunos desenvolverão habilidades sociais de comunicação; portanto, não permita interrupções durante as falas de cada estudante.

### FINALIZANDO

O final do júri é marcado pelo momento em que todos os estudantes (caso seja possível) tenham tido algum momento para expor argumentos ou respostas, nos momentos de réplica. Sendo assim, o júri já terá compilado os votos e deverá entregá-los ao(a) professor(a). Professor(a), atente-se para as normas de segurança relacionadas à pandemia causada pela Covid-19, prezando por um distanciamento seguro entre os estudantes.

Depois de ter recebido os votos, confira as pontuações e informe para a turma qual é a decisão do júri sobre a instalação de uma central nuclear em sua cidade.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- *O uso do júri simulado como metodologia de ensino ativa. Nova Escola. Disponível em: https://novaescola.org.br/conteudo/18041/o-uso-de-juri-simulado-como-metodologia-de-ensino-ativa Acesso em: 1 fev. 2021.*
- *GOLDEMBERG, José. Energia nuclear para o Brasil: opção ou necessidade? São Paulo, 2012.*
- *SÃO PAULO (ESTADO). Currículo Paulista. São Paulo: SEE, 2019. Disponível em: http://www.escoladeformacao.sp.gov.br/portais/Portals/84/docs/pdf/curriculo_paulista_26_07_2019.pdf. Acesso em: 24 jan. 2021.*
- *SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria da Educação. SP Faz Escola – Ciências da Natureza, Caderno do Aluno, 3ª Série Ensino Médio, Volume 3. São Paulo: SEE, 2019.*

**COORDENADORIA PEDAGÓGICA**
Caetano Pansani Siqueira

**DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO CURRICULAR E DE GESTÃO PEDAGÓGICA**
Viviane Pedroso Domingues Cardoso

**CENTRO DE ENSINO MÉDIO – CEM**
Ana Joaquina Simões Sallares de Mattos Carvalho

**ASSESSORIA TÉCNICA**
Cassia Vassi Beluche, Deisy Christine Boscaratto, Isaque Mitsuo Kobayashi, Kelvin Nascimento Camargo, Luiza Helena Vieira Girão, Silvana Aparecida de Oliveira Navia, Valquiria Kelly Braga, Vinicius Gonzalez Bueno.

**EQUIPE CURRICULAR DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - ENSINO MÉDIO**
Fabiana Alves dos Santos, Marcelo Peres Vio, Silvana Souza Lima

**EQUIPE DE ELABORAÇÃO**
Raph Gomes Alves, Renato Moura, Gabriela Camargo Campos, Rafael Helerbrock, Isadora Lutterbach Ferreira Guimaraes, Tatiane Valéria Rogério de Carvalho, Giovanna Reggio, Veridiana Rodrigues Silva Santana.

**Leitura crítica**
Diego Alves Rodrigues

**Revisão de língua**
Aleksandro Nunes, Alexandre Napoli, Aline Lopes Ohkawa, Rodrigo Luiz Pakulski Vianna e Romina Harrison.

**Projeto Gráfico e Diagramação:**
Julio Claudius Giraldes Junior

SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Secretaria de Educação