

Uma proposta de introdução da física moderna e da física contemporânea no Ensino Médio através da nanotecnologia e da nanociência

• • • • •
Maria Lúcia Grillo^{1, #} e **Eduardo Pinheiro Correia²**

¹Instituto de Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

²Colégio Estadual Trasilbo Filgueiras, São Gonçalo, RJ, Brasil.

RESUMO

Este trabalho apresenta um produto educacional que chama a atenção para a importância da inserção da física moderna e da física contemporânea no Ensino Médio através da nanotecnologia e da nanociência. Para isso, foram utilizadas a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a metodologia ativa da sala de aula invertida. O produto educacional foi introduzido a partir de uma situação-problema e de uma breve revisão de notação científica, com testes de sondagem para verificar os conhecimentos prévios dos alunos, filmes, textos complementares, atividades experimentais e um programa de simulação. Foram incluídos os seguintes temas: novos materiais, ligações atômicas, dispositivos eletrônicos e miniaturização, mudanças das propriedades físicas dos materiais quando são miniaturizados, nanomateriais para aplicações industriais e aplicações de nanotecnologia na indústria e seus possíveis impactos no meio ambiente.

Palavras-chave: nanotecnologia; nanociência; nanomateriais; física moderna; física contemporânea

• • • • •

1. Introdução

Temos visto que as novas tecnologias estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano através da utilização de aparelhos como celulares, televisões de alta definição, câmeras digitais, computadores e leitores de código de barras, assim como aparelhos de ressonância magnética, raios-x e laser. Segundo Oliveira e cols. [1], esses avanços tecnológicos têm despertado nos estudantes um maior interesse no que diz respeito à ciência de forma geral.

Sabe-se que a física tem contribuído muito para esse desenvolvimento e isso pode ser aproveitado para a introdução de aspectos de física moderna e física contemporânea. Particularmente no Ensino Médio, esse fato não tem sido muito aproveitado, gerando, assim, um distanciamento cada vez maior entre a escola e o dia a dia dos estudantes. Os materiais escolares tradicionais utilizados em sala de aula, em geral, não têm relação com a tecnologia que nos cerca diariamente, com a física que existe por trás dela. Felizmente, os livros atuais de física fazem muita referência à tecnologia. Para Oliveira e cols. [1], o modelo de ensino tradicional tem como base a aplicação das leis e das equações que descrevem os fenômenos físicos como prioridade no ensino de física. Dessa forma, esse modelo de ensino apresenta a ciência como algo finalizado, sem ter mais nada a ser descoberto. Para Oliveira e cols. [1]:

O ensino de física deve estar voltado para a formação de um cidadão contemporâneo que seja atuante e tenha um espírito solidário, com instrumentos que o ajudem a compreender, intervir e participar da realidade

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive. [1, p. 448]

Com base nisso, vemos que diversos fatores contribuem de forma negativa para o Ensino Médio, e acabam atrapalhando boa parte dos alunos de obterem uma formação científica mais consistente e que esteja inserida em sua realidade, auxiliando-os na formação de sua cidadania.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio [2] propõem uma introdução de conhecimentos que salientam esse desenvolvimento científico para os estudantes. Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais [3], o ensino de física deve estar voltado para a formação de um cidadão contemporâneo que seja atuante e tenha um espírito solidário, com instrumentos que o ajudem a compreender, intervir e participar da realidade. Dessa maneira, mesmo que, após terminarem o Ensino Médio, os jovens não tenham mais ne-

#Autor de correspondência. E-mail: mluciag@uerj.br.

nhum tipo de contato com a física, ainda terão a formação que os capacita a compreender o mundo que os cerca.

Como os Parâmetros Curriculares propõem uma atualização curricular, essa atualização deve chegar naturalmente à formação dos futuros professores, bem como à dos atuais. Oliveira e cols. [1] nos lembram que se não houver um preparo mais adequado dos alunos de licenciatura para essas mudanças nem oportunidades de atualização para os profissionais que já estão na ativa, de nada adianta qualquer tipo de modificação que venha a servir como trampolim para a inserção de temas mais atuais para estudo. No caso da física, essa atualização curricular sugere a inserção de conteúdos a partir do século XX, conhecidos como física moderna e física contemporânea.

Para Oliveira e cols. [1], a escolha dos tópicos de física a serem abordados no nível médio não devem colocar a física como objeto estruturador de si mesma, mas como ferramenta para a compreensão do mundo. Os temas de física devem ser contextualizados de forma que possam ser relacionados ao cotidiano dos estudantes. Os conhecimentos da física moderna e da física contemporânea são indispensáveis para a compreensão das tecnologias atuais.

Assim, este trabalho tem como objetivo chamar a atenção para a importância da inserção da física moderna e da física contemporânea no Ensino Médio através da nanotecnologia e da nanociência. Para isso, foram utilizadas a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a metodologia ativa da sala de aula invertida. Foi elaborado um produto educacional, introduzido a partir de uma situação-problema e de uma breve revisão de notação científica, com testes de sondagem para verificação dos conhecimentos prévios dos alunos, filmes, textos complementares, atividades experimentais e um programa de simulação. Foram incluídos os seguintes temas: novos materiais, ligações atômicas, dispositivos eletrônicos e miniaturização, mudanças das propriedades físicas dos materiais quando são miniaturizados, nanomateriais para aplicações industriais e aplicações de nanotecnologia na indústria e seus possíveis impactos no meio ambiente. Como os modelos atômicos e moleculares

também fazem parte do currículo de química, essa abrangência pode se estender a outras áreas.

A história nos mostra a evolução dos materiais. A eletrônica, por exemplo, tem seu início marcado pela descoberta dos transistores, chegando aos nanoprocessadores; a odontologia, a partir das próteses dentárias, que têm em sua composição partículas de prata (antimicrobianas), conferindo, assim, mais conforto aos pacientes. Esses exemplos estão relacionados à nanotecnologia e à nanociência, que fazem parte do cotidiano das pessoas e estão diretamente relacionadas a diversos dispositivos com aplicação nas mais variadas áreas do conhecimento.

2. A aprendizagem significativa e as metodologias ativas como referencial metodológico

Segundo o Método da Aprendizagem Significativa de Ausubel, é conveniente ensinar aproveitando os conhecimentos prévios dos alunos, chamados de subsunçores, que podem ser identificados por meio de questionários antes da apresentação do tema. Segundo Ausubel [4], “subsunçor é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual, que armazena experiências prévias do sujeito”. Segundo Silva e Schirlo [5], podemos utilizar, na física, o seguinte exemplo: se um aluno já tem em sua estrutura cognitiva o conceito de medidas, isso servirá como subsunçor para que ele possa aprender velocidade e aceleração.

Seguindo esse contexto, Ausubel [4] nos diz que a aprendizagem é um processo que ocorre em uma interação do material cognitivo e uma estrutura hierárquica de conceitos que tem três fases.

Na primeira fase, Ausubel e cols. [6] citam a utilização de organizadores prévios para conduzir a estrutura cognitiva, utilizados para compreender a nova aprendizagem quando os alunos

não têm os subsunçores ou quando os subsunçores existentes no indivíduo não são capazes de servir como âncora do novo conhecimento. Com base nisso, podem-se utilizar os organizadores prévios para ativar os subsunçores que estão inertes na estrutura cognitiva do aluno. De acordo com Moreira e Masini [7], os organizadores prévios podem ser representados por textos, vídeos, filmes, jornais, fotos, questionários, experimentos, entre outros, possibilitando que os novos conhecimentos sejam integrados de forma que possam se relacionar com os conhecimentos da sua estrutura cognitiva. Caso os alunos não tenham os subsunçores para associar os conteúdos, segundo Moreira [8], o professor deve ensinar esses conceitos prévios ao aluno e, depois, voltar ao conteúdo novo.

Na segunda fase da teoria da aprendizagem significativa, Ausubel [4] diz que o material tem de estar bem adequado ao aluno e que ele, por sua vez, deve ser capaz de relacionar o novo material, de forma substantiva e não arbitrária, ao seu cognitivo. Dessa forma, logo que o aluno recebe uma nova informação, ele tende a associá-la com a informação já existente em sua cognição. Segundo Moreira e Masini [7], o professor deve utilizar o novo material de forma que ele esteja sempre associado às atividades anteriores, comparando-as através de situações atuais em atividades que dependem da utilização do conhecimento de maneira nova.

Na terceira fase da teoria da aprendizagem significativa, Moreira [8] nos diz que a relação entre os subsunçores e os conhecimentos novos dos alunos será remodelada a tal ponto que se tornarão subsunçores ou conhecimentos prévios, ajudando-os, assim, no processo de aprendizagem de novos conteúdos. Moreira [8] também afirma que a aprendizagem passa a ser mecânica no momento em que ela produz menos aquisição e atribuição de significado, fazendo com que a nova informação fique armazenada isoladamente ou só seja acessada a partir de associações arbitrárias na cognição do estudante (o aluno decora o conteúdo e depois o esquece).

Como bem nos assegura Oliveira e cols. [9], um problema encontrado por

Os temas de física devem ser contextualizados de forma que possam ser relacionados ao cotidiano dos estudantes

Este trabalho tem como objetivo chamar a atenção para a importância da inserção da física moderna e da física contemporânea no Ensino Médio através da nanotecnologia e da nanociência

pesquisadores e professores de diversas áreas, em particular os de ensino de física, com relação aos jovens atuais, é a falta de interesse e comprometimento com o ensino. A geração atual não se adequa mais a esse modelo de ensino tradicional, que se baseia em aulas expositivas, listas de exercícios, trabalhos, seminários, etc. No dia a dia, muitos estão conectados à internet e às redes sociais, com todo acesso possível através de *tablets*, computadores e *smartphones*. Nessa aprendizagem passiva, o professor é apenas um transmissor de informação enquanto os alunos simplesmente fazem o papel de receptores. Eles têm o primeiro contato com o conteúdo em sala de aula, com a exposição do professor, e o fixam sozinhos em casa.

Para Oliveira e cols. [9], em uma aprendizagem ativa, os alunos têm de se preparar antes de ter a aula, com leituras ou visualização de vídeos indicados pelo professor. Essa metodologia, também conhecida como sala de aula invertida (*flipped classroom*), é baseada nos trabalhos realizados pelos professores de química estadunidenses Jonathan Bergmann e Aaron Sams [10], que publicaram um livro em que divulgam uma maneira de inverter a sala de aula: as exposições orais tradicionais realizadas pelo professor são substituídas por vídeos, atividades experimentais, simulação em computadores ou resolução de problemas. Essas atividades podem ser feitas pelos alunos fora da sala de aula. Já dentro da sala de aula, os estudantes são motivados a buscar o trabalho de forma colaborativa, como saber ouvir, comunicar ideias, contribuir em discussões, respeitar e ser flexível diante de conflitos, contando com a ajuda do professor para auxiliá-los na resolução de problemas, entre outras atividades.

Não há apenas uma forma de inverter a sala de aula, pois o professor tem de ter liberdade para escolher diversos métodos de ensino e, de forma crítica, modificá-los quando for necessário para que eles possam ser aplicados em seu contexto educacional [9]. Mesmo as aulas expositivas podem se mostrar relevantes dentro de uma unidade de ensino e seria um erro dizer que teriam de ser abolidas por serem tradicionais.

O ensino remoto, cuja adoção aumentou por causa da pandemia de covid-19, buscou manter a rotina de sala de aula presencial, mas em um ambiente virtual acessado de diferentes locais. A metodologia da sala de aula invertida

se adequou muito bem ao ensino remoto, pois, através dela, os alunos conseguem ter uma maior liberdade para desenvolver suas tarefas em locais não escolares e em horários diversificados [11].

3. Importância da nanociência e da nanotecnologia

Segundo Pimenta e Melo [12], a grande importância dos materiais em escala nanométrica está relacionada às suas alterações físicas e químicas. Muitas das leis da física clássica que conhecemos não são válidas nessa escala, onde passam a prevalecer as leis da física quântica. Conforme Santos [13], embora haja tentativas para reverter o problema, o movimento de uma partícula pontual da física clássica é substituído pelo movimento ondulatório da teoria quântica, o que implicaria em um comportamento bem diferente daquele com que a indústria está habituada a lidar. Além disso, quanto menor for o tamanho da amostra, mais importantes se tornam os efeitos de superfície devido ao aumento da proporção entre sua área e seu volume, conforme podemos ver pelas Eqs. (1) e (2), referentes a um cubo e a uma esfera:

- Relação entre a área e o volume de um cubo de lado L :

$$\frac{A_c}{V_c} = \frac{6L^2}{L^3}. \quad (1)$$

- Relação entre a área e o volume de uma esfera de raio r :

$$\frac{A_e}{V_e} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3}. \quad (2)$$

Pelas Eqs. (1) e (2), fica claro que, quanto menor o L ou o r , maior é a relação entre a superfície e o volume.

À medida que aumentamos a área superficial, sua interação com o meio aumenta. Segundo Elahi e cols. [apud 14], com base nisso, nanopartículas estão cada vez mais sendo utilizadas na aplicação de sensores biológicos e químicos, como detectores de vírus, na remoção de gases tóxicos e até mesmo no auxílio para transportar medicamentos no organismo.

No mercado, há grande quantidade de aplicações das nanopartículas, entre elas: tratamento de câncer, cosméticos, hélices de turbinas eólicas, raquetes de

tênis e pranchas de surfe [14].

4. Introduzindo a nanociência e a nanotecnologia no nível médio

A sequência didática aqui apresentada, destinada ao terceiro ano do Ensino Médio, é dividida em 7 dias, em 14 tempos de 50 minutos cada. Utilizamos a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a estratégia da sala de aula invertida, que é uma metodologia ativa que se encaixa muito bem tanto no ensino presencial quanto no ensino remoto.

Foram feitas algumas atividades para identificar os conhecimentos prévios e os subsunçores. Seguimos as três fases da Teoria de Ausubel, conforme explicação apresentada na seção 2 [4, 6-8]. O tema seria o estudo da nanotecnologia e da nanociência. Os subsunçores necessários para a aprendizagem desse tema foram as dimensões (as unidades de medidas e como podem ser expressas com notação científica) e a constituição da matéria (átomos e moléculas).

As unidades de medidas foram necessárias já que as dimensões muito pequenas da ordem do nano (10^{-9} m) não são comuns no dia a dia, então foi preciso partir das grandezas comuns (metro e centímetro) e relacioná-las com o universo dos nanomateriais. Para entender a constituição dos materiais, especificamente dos nanomateriais, é indispensável o conhecimento sobre átomos e moléculas, suas ligações e seus arranjos.

Inicialmente, identificamos os conhecimentos prévios dos estudantes através de questionários e, considerando que alguns deles não apresentavam de forma satisfatória os subsunçores necessários, preparamos, seguindo as etapas da Teoria de Ausubel [6], alguns organizadores prévios como estratégia

para manipular a estrutura cognitiva para que fosse possível ancorar as novas aprendizagens.

Para isso, investigamos os conhecimentos prévios dos alunos sobre como alguns objetos podem ser medidos

(uma sala de aula, a espessura de uma folha de caderno e a largura de uma trilha de gravação de um disco de vinil) e o cálculo da razão entre a área e o volume de um cubo e uma esfera. Foi usada uma simulação sobre os estados da matéria, um texto complementar, filmes e

Em uma aprendizagem ativa, os alunos têm de se preparar antes de ter a aula, com leituras ou visualização de vídeos indicados pelo professor

experimentos (solução de grãos e pó de café, palha de aço ligada a uma bateria, cálculo da espessura de um filme fino e simulação do autoarranjo).

Passando para a segunda fase da Teoria de Ausubel, foram feitos após cada atividade novos questionários, debates e exercícios para que o estudante pudesse manifestar uma disposição de relacionar o novo material a sua estrutura cognitiva [4], associando o novo material com o apresentado anteriormente [7].

A fim de evitar que a aprendizagem fosse mecânica [4, 8], procuramos sempre relacionar todos os conhecimentos para que, dessa forma, os saberes pudessem ser remodelados e ressignificados (terceira etapa da Teoria de Ausubel).

A cada etapa, adaptamos as aulas à metodologia da sala de aula invertida [9, 10]: foram feitos trabalhos em grupo, possibilitando, assim, que as dúvidas pudessem ser sanadas inicialmente entre os próprios estudantes. Além disso, os estudantes tiveram a oportunidade de ler o texto, assistir aos filmes e fazer a simulação antes da aula.

As atividades foram apresentadas na sequência descrita a seguir.

4.1. Problematização

Para chamar a atenção dos alunos sobre a existência de uma tecnologia que está voltada para o estudo e a manipulação de objetos na escala de ordem nanométrica

- Uma pergunta que visa verificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da evolução tecnológica do tamanho dos objetos: Você já ouviu falar na palavra “nano”? Se sim, justifique sua resposta. R.: Em caso afirmativo. Justificativa: O prefixo “nano” origina da palavra grega “nanos”, que significa “anão”, além



Figura 1 - Medindo a espessura do pacote de folhas.

de representar a bilionésima parte de qualquer unidade de medida denotado por um fator 10^{-9} .

- Revisão sobre notação científica para expressar números muito grandes ou muito pequenos: É interessante preparar alguns exercícios para que os alunos procurem expressar alguns números, como a velocidade da luz (3×10^8 m/s) e o diâmetro de um átomo (1×10^{-10} m). Também é importante apresentar uma tabela com os prefixos e seus fatores (pico, nano, micro, mili, cent, quilo, mega, giga e tera).
- Revisão sobre escalas de medidas – os conhecimentos prévios podem ser identificados através de um questionário com perguntas como: Que instrumentos podemos utilizar para medir a sala de aula? É possível medir a espessura de uma folha de caderno? Justifique sua resposta.

Para medir a espessura de uma folha de caderno, a turma pode ser organizada em grupos de quatro alunos cada, que terão de medir o tamanho da espessura de uma resma de folhas com uma régua de 30 cm (Fig. 1). Após ter medido a espessura do pacote, eles terão de dividir o valor da espessura achada pelo número de folhas existentes no pacote, encontrando, assim, a espessura de uma folha de papel [15].

Fizemos também outras atividades interessantes propostas no artigo de Schulz [15], que complementam a aula: uma estimativa da largura de uma trilha de gravação de um disco de vinil (Fig. 2 e cálculo a seguir) e o cálculo da razão entre a área e o volume de um cubo de 1 cm de aresta e uma esfera de

1 cm de raio (Eqs. (1) e (2)).

Para o cálculo da largura de uma trilha de gravação de um disco de vinil, foi utilizado o seguinte raciocínio:

A rotação era de $f = 33,3$ rpm.

O tempo de música = 3 min.

Fazendo a proporção para calcular o tempo de uma volta:

$$33,3 \text{ voltas} - - - - 1 \text{ min}$$

$$1 \text{ volta} - - - - x$$

$$x = 0,03 \text{ min} - \text{tempo de uma volta.}$$

Foi medida a espessura da faixa = 1 cm.

A largura da trilha = y .

Faz-se então outra proporção:

$$y - - - - 0,03 \text{ min}$$

$$1 \text{ cm} - - - - 3 \text{ min}$$

$$y = 0,01 \text{ cm} = 0,0001 \text{ m} = 100 \mu\text{m} - \text{largura da trilha.}$$

4.2. Revisão sobre átomos e moléculas

Questionário para verificar os conhecimentos prévios dos alunos – sugerimos algumas perguntas como: a) O que é matéria? R.: É tudo o que tem massa e ocupa lugar no espaço. b) Do que são feitas todas as coisas? R.: De átomos e moléculas. c) O que é maior: o átomo ou a molécula? Justifique sua resposta. R.: A molécula é maior que o átomo, pois as moléculas são compostas de átomos. d) De que é feito o grafite? E o diamante? Por que eles são tão diferentes? R.: O grafite e o diamante são substâncias simples compostas apenas de átomos de carbono. A diferença entre eles está na forma geométrica como os átomos de carbono estão ligados entre si.



Figura 2 - Realização da medida de uma faixa sonora de um disco de vinil.

Atividade com o programa Phet Simulações Interativas: Estados da Matéria (ver Fig. 3): Básico, que serve como uma ferramenta tecnológica que auxilia didaticamente o professor na introdução dos conceitos de átomos e moléculas. O professor pode baixar o programa em seu computador e projetar a imagem em uma tela por meio de um projetor para que o funcionamento do programa possa ser demonstrado aos alunos [16].

4.3. Introdução do tema “nanotecnologia e nanociência: uma inovação científica”

Teste de sondagem sobre nanotecnologia e nanociência e análise de texto complementar: a) Descreva com suas palavras o que você entende por nanotecnologia e nanociência. R.: Nanociência é o estudo dos fenômenos e da manipulação dos materiais em escala atômica ou molecular. Já a nanotecnologia é a tecnologia empregada no manuseio de matéria na escala nano, com o objetivo de produzir novas estruturas, materiais, dispositivos e aplicações. b) Você conhece alguma aplicação de nanotecnologia? Se sim, descreva-a. R.: Em caso afirmativo: Os processadores eletrônicos que podem ter o tamanho de 45 nm. Esses dispositivos conseguem trabalhar em altíssimas velocidades de processamento e têm um alto poder de armazenamento.

Após o teste de sondagem, é importante discutir as respostas com os alunos. Em seguida, eles receberão um texto complementar: “Nanotecnologia: uma história um pouco diferente” [17], que será lido e analisado em sala de aula junto ao professor. O texto também pode ser entregue à turma antes da aula e analisado depois de ser lido.

4.4. Nanotecnologia e nanociência: uma inovação tecnológica inserida através de filmes de ficção científica

Filme de ficção científica *Homem-Formiga* (2015) – a ideia de utilizar um filme de ficção científica foi para verificar se os alunos eram capazes de asso-

ciá-lo à nanotecnologia e à nanociência a partir da inovação tecnológica proposta pelo filme. Após o término do filme, um teste de sondagem foi aplicado, com perguntas como: a) Seria possível estimar a ordem de grandeza do tamanho do *Homem-Formiga* em sua primeira miniaturização? Se sim, justifique sua resposta. R.: Sim. Por volta de $0,005\text{ m} = 5,0 \times 10^{-3}\text{ m}$. b) Em uma cena do filme, Dr. Hank Pym alerta Scott de que, caso ele mexesse no regulador que controla a miniaturização da roupa, ele poderia ficar subatômico. O que significa ficar subatômico? R.: Significa encolher na ordem de grandeza de um átomo ou uma molécula, ou seja, estar entre 10^{-9} e 10^{-10} m .

Em seguida, recomenda-se fazer uma discussão sobre as respostas.

O professor pode usar um DVD do filme *Homem-Formiga* cuja ficha técnica está na Ref. [18]. É possível comprar o DVD ou o Blu-Ray na loja eletrônica Amazon [19] a bom custo. Caso o professor julgue necessário mostrar outros filmes de ficção científica que estimulem o interesse dos alunos pela inovação científica e que possam ser analisados em sala de aula, há algumas sugestões: *Viagem insólita* (1987), *Querida, encolhi as crianças* (1990) e *Homem-Formiga e A Vespa* (2018).

4.5. Alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho

Teste de sondagem sobre alteração das propriedades dos materiais ao diminuir o seu tamanho: a) Em quantas vezes podemos dividir um pedaço de giz e os pedaços menores continuarem sendo um giz? R.: Ele tem de ser dividido até atingir o tamanho de uma molécula. b) O que muda quando diminuímos o tamanho do giz? R.: À medida que o giz vai diminuindo, os efeitos de superfície se tornam mais importantes devido ao aumento da proporção entre sua área e seu volume. c) O que acontece quando tentamos dissolver na água um remédio com comprimido efervescente inteiro e outro triturado? Justifique sua resposta. R.: O comprimido tri-

turado dissolve mais rápido do que o inteiro em razão do aumento da superfície de contato, que aumenta a velocidade de reação.

A variação da razão área/volume de um material (Fig. 4): experimento com grãos de café – foram utilizados os seguintes materiais: um fogão, um coador, um filtro de café, um bule e dois tipos de café: um triturado e outro em grãos. Em seguida, pegou-se um pouco de água com o bule e ela foi colocada para ferver no fogão. Depois, foi colocado no bule o coador já com o filtro e o café com grãos triturados. Ao adicionar água fervida ao coador, observou-se que o café saiu do coador na cor preta. Depois, o mesmo procedimento foi feito, só que com o café em grãos. Nessa situação, o café saiu pelo coador com uma cor bem mais clara em relação ao procedimento anterior. Essa diferença de tonalidades de cor está relacionada à variação da área superficial do material. Experimentos semelhantes são feitos diariamente por quem cozinha, como o uso de farinha de trigo e não grãos de trigo ou receitas que usam legumes em pedaços e não legumes triturados.

Experimento geométrico com uma bateria de 9 V e uma palha de aço (Fig. 5). Ao encostar a palha de aço nos polos da bateria, percebe-se que a corrente elétrica aquece os fios da palha de aço ao ponto de incendiar. Mesmo depois de tirar a palha de aço dos polos da bateria, ela continua pegando fogo. Devido aos fios serem muito finos, isso resulta em uma quantidade de átomos de ferro em contato com o oxigênio presente no ar grande o suficiente para ocasionar a combustão [15].

4.6. Experimentos que ilustram situações de nanomateriais

Nesta aula, foram reproduzidos

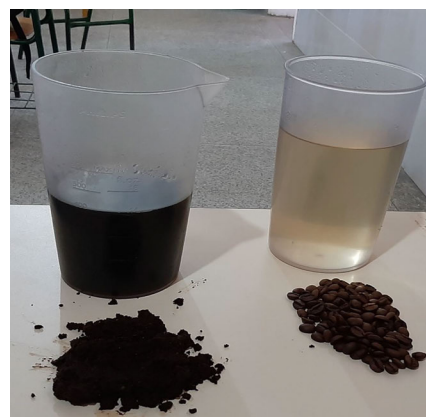


Figura 4 - Comparação da cor do café feito com grãos triturados e moídos.

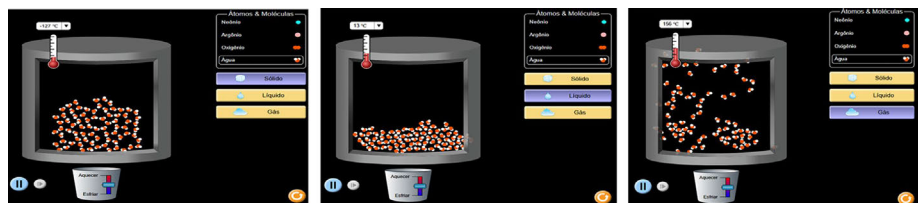


Figura 3 - Demonstração do comportamento das moléculas de água em estado sólido (esquerda), líquido (centro) e gasoso (direito). Fonte: Ref. [16].



Figura 5 - Encostando a palha de aço nos polos da bateria (esquerda) e palha de aço pegando fogo (direita).



Figura 6 - Experimento de autoarranjo: blocos espalhados (esquerda) e blocos juntos (direita).

dois experimentos sugeridos por Schulz [15]: cálculo da espessura de um fio fino de óleo sobre a água e simulação do autoarranjo (Fig. 6) em nanoescala. No primeiro, obtivemos 12 nm, valor bem próximo do valor obtido no artigo, que foi 10 nm. No segundo, o resultado foi o mesmo do artigo.

4.7. Apresentação de vídeos

Apresentação de vídeos sobre os

nanomateriais à base de carbono na indústria, potenciais aplicações da nanotecnologia e seus impactos na saúde e no meio ambiente (após a apresentação dos vídeos, o professor deve realizar um bate-papo com os alunos sobre os vídeos vistos).

- Os incríveis nanomateriais à base de carbono (6 min) [20].
- Nanotecnologia (10 min) [21].
- Impactos da nanotecnologia na saúde

de e no meio ambiente (22 min) [22].

5. Resultados e conclusões

Este material é parte de uma dissertação de mestrado [23] e foi desenvolvido por meio de embasamento teórico e didático capaz de auxiliar o professor na inserção de alguns aspectos da física moderna e da física contemporânea no Ensino Médio com os temas nanotecnologia e nanociência. Ainda há uma resistência curricular muito grande no que diz respeito a esse ensino, então buscamos romper essa barreira com esse material. Através da realização de diferentes atividades, foi demonstrado aos alunos que os materiais têm suas propriedades físicas e químicas alteradas mediante a sua miniaturização, como é o caso do aumento da área superficial por meio da razão área/volume. Dessa forma, os alunos conseguiram compreender a importância da física que existe por trás dessas tecnologias, que os cercam diariamente. O produto foi aplicado e comprovamos que ele tem a capacidade de incentivar o professor a buscar novas maneiras de ensinar aos alunos física moderna e física contemporânea de forma a despertar neles um maior interesse pela ciência. À medida que os encontros aconteciam, a participação dos estudantes crescia, com novos questionamentos sobre o universo nano, evidenciando, assim, o interesse gerado pelos temas e pelo bom aproveitamento das aulas. Ao final, comprovamos que houve um aprendizado significativo, atingindo, dessa forma, nosso objetivo.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq e à Capes pelos auxílios recebidos, que permitiram o desenvolvimento deste e de outros trabalhos.

Recebido em: 30 de Junho de 2022

Aceito em: 17 de Outubro de 2022

Referências

- [1] F.F. Oliveira, D.M. Vianna, R.S. Gerbassi, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 447 (2007).
- [2] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC, Brasília, 2000), 58 p. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>, acesso em 27 set 2022.
- [3] Brasil, *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC, Brasília, 2002), 141 p. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>, acesso em 27 set 2022.
- [4] D.P. Ausubel, *Algunos Aspectos Psicológicos de la Estructura del Conocimiento* (El Ateneo, Buenos Aires, 1973), 239 p.
- [5] S.C.R. Silva, A.C. Schirlo, *Imagens da Educação* **4**, 36 (2014). Disponível em <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/view/22694/PDF>, acesso em 27 set 2022.
- [6] D.P. Ausubel, J. Novak, H. Hanesian, *Psicologia Educacional* (Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1980), 329 p.
- [7] M.A. Moreira, E.F.S. Masini. *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel* (Centaurus, São Paulo, 2006), 2 ed., 120 p.
- [8] M.A. Moreira, *Teorias de Aprendizagem* (EPU, São Paulo, 1999), 195 p.

- [9] T.E. Oliveira, I.S. Araujo, E.A. Veit, Física na Escola **14**(2) 4 (2016). Disponível em <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num2/a02.pdf>, acesso em 27 set 2022.
- [10] J. Bergmann, A. Sams, *Sala de Aula Invertida: Uma Metodologia Ativa de Aprendizagem*, (LTC, Rio de Janeiro, 2016), 141 p.
- [11] I. Toledo, Folha de Florianópolis, 17 de maio (2020). Disponível em <http://folhadeflorianopolis.com.br/2020/05/17/educacao-sala-de-aula-invertida-e-ensino-remoto/>, acesso em 27 set 2022.
- [12] M.A. Pimenta, C.P. Melo, Ciência e Natura **29**, 9 (2007).
- [13] C.A. dos Santos, Revista Ciência Hoje Online **391**, (2022). Disponível em <https://cienciahoje.org.br/coluna/mobilidade-eletrica-em-espaco-reduzido/>, acesso em 27 set 2022.
- [14] M.D. Tonet, A.A. Leonel, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **36**, 431, (2019).
- [15] P.A. Schulz, Física na Escola **8**(1), 4 (2007). Disponível em <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol08-Num1/v08n01a021.pdf>, acesso em 27 set 2022.
- [16] https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/states-of-matter-basics, acesso em 27 set 2022.
- [17] P.A. Schulz, Ciência Hoje **52**, 26 (2013).
- [18] <https://www.imdb.com/title/tt0478970/>, acesso em 27 set 2022.
- [19] <https://www.amazon.com.br/>, acesso em 27 set 2022.
- [20] INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia), *Os Incríveis Nanomateriais de Carbono*. Vídeo (6 min), 21 de maio (2019). Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=bnOoG_QJZQU, acesso em 27 set 2022.
- [21] Facamp (Canal das Faculdades de Campinas), *Nanotecnologia*. Vídeo (10min:8s), 11 de Agosto (2014). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=wt8lX7wPy4o>, acesso em 27 set 2022.
- [22] S. Ribeiro, *Palestra Silvia Ribeiro - Impactos da Nanotecnologia na Saúde e no Meio Ambiente*. Vídeo (22min:05), 31 de Janeiro (2011). Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=jnwlK5o5AD8&t=475s>, acesso em 27 set 2022.
- [23] http://www.unirio.br/mnpef/dissertacoes/copy23_of_o-uso-do-arduino-e-do-processing-no-ensino-de-fisica/at_download/file, acesso em 27 set 2022.