

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – UNIFAL**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**EVERTON EDUARDO XAVIER FERREIRA**

**PRODUTO EDUCACIONAL: UNIDADE DE NANOCIÊNCIA E  
NANOTECNOLOGIA PARA ENSINO MÉDIO COM ENFOQUE CTS**

**Alfenas/MG**

**2019**

## SUMARIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 3  |
| 1.1. O produto didático.....   | 3  |
| 1.2. Estrutura da unidade.....   | 3  |
| 1.2.1. Da possibilidade ao surgimento de uma nova ciência.....             | 3  |
| 1.2.2. As propriedades ópticas.....  | 4  |
| 1.2.3. Manipulação da área superficial.....                                | 5  |
| 1.2.4. Nanotubos de carbono e grafeno.....                                 | 5  |
| 2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....   | 6  |
| 2.1. Aulas 1 e 2 - Da possibilidade ao surgimento de uma nova ciência..... | 6  |
| 2.1.1. Plano de aula.....  | 6  |
| 2.1.2. Descrição das atividades.....                                       | 7  |
| 2.2. Aulas 3 e 4 – As propriedades ópticas.....                            | 18 |
| 2.2.1. Plano de aula.....  | 18 |
| 2.2.2. Descrição das atividades.....                                       | 19 |
| 2.3. Aulas 5 e 6 – Manipulação da área superficial.....                    | 24 |
| 2.3.1. Plano de aula.....  | 24 |
| 2.3.2. Descrição das atividades.....                                       | 25 |
| 2.4. Aulas 7 e 8 – Nanotubos de carbono e grafeno.....                     | 32 |
| 2.4.1. Plano de aula.....  | 32 |
| 2.4.2. Descrição das atividades.....                                       | 34 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 38 |

## **1. INTRODUÇÃO**

Este produto educacional foi desenvolvido como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela Universidade de Alfenas – MG, em conjunto com a minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Thirza Pavan Sorpreso. Foi proposto para ser um recurso que pode ser utilizado por professores do Ensino Médio no ensino de Nanociência e Nanotecnologia, usando uma abordagem CTS, como um tópico de Física Moderna.

### **1.1. O produto didático**

Este produto didático consiste em uma unidade de ensino de nanociência e nanotecnologia, como tópico de física moderna, com enfoque CTS. Em concordância com SANTOS E MORTIMER (2002), essa unidade foi desenvolvida introduzindo cada tópico de interesse através de uma reportagem, texto gerador, que tinha alguma relação com o conteúdo que se pretendia estudar e que tratava de alguma forma alguma questão social. A partir daí são apresentados os conceitos físicos necessários para compreender a reportagem e o conceito que estava envolvido nela. Ao final de cada tema é proposta uma atividade que complementa o desenvolvimento dos conceitos físicos e também são propostas questões para debate. Ao final de cada debate é proposto um questionário. Esta unidade é dividida em quatro capítulos, todos eles seguindo a estrutura descrita acima.

### **1.2. Estrutura da unidade**

Com mencionado no subtópico anterior, a unidade é dividida em quatro capítulos. Cada capítulo está descrito a seguir.

#### **1.2.1. Da possibilidade ao surgimento de uma nova ciência**

Esse capítulo explica a “profecia” de Feynman sobre a possibilidade de miniaturização e o surgimento da Nanociência e Nanotecnologia. É nesse capítulo que é explicada a escala nanométrica e definida a N&N, conceitos utilizados para refletir sobre os temas: aumento da capacidade de armazenamento de informação e inclusão de deficientes visuais nas pesquisas em N&N. Este capítulo tem por objetivo:

- Compreender por que o armazenamento de informação e a inclusão de deficientes visuais na ciência são desafios para a sociedade e como a nanociência e a nanotecnologia podem contribuir para melhorá-las;
- Compreender as origens da nanociência e nanotecnologia e entender o aumento na capacidade de armazenamento como uma de suas potenciais contribuições;
- Compreender as diferentes escalas de tamanho e conseguir compreender em qual intervalo nessa escala se situa a N&N;
- Compreender que as “visões” que temos do mundo subatômico a partir da N&N são modelos e não visões diretas desse universo;

### **1.2.2. As propriedades ópticas**

Capítulo proposto para discutir as propriedades ópticas da matéria e as alterações perceptíveis nessas propriedades quando reduzimos alguns materiais à nanopartículas, a partir de uma reportagem sobre o Cálice de Licurgo, que expõe possíveis aplicações dessas alterações nas propriedades ópticas na medicina. Este capítulo tem por objetivo:

- Compreender que a mudança na escala de tamanho não tem relação apenas com o tamanho dos objetos, mas também relações diretas com as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo.
- Compreender como as propriedades óticas se alteram na nanoescala.
- Perceber que mesmo sem um total conhecimento dessas relações, as propriedades óticas de materiais em nanoescala já vem sendo exploradas a séculos, o que nos mostra que os conceitos científicos não são criados, e sim, descobertos.

### **1.2.3. Manipulação da área superficial**

Nesse capítulo é explicado o conceito de relação área superficial/volume, como essa relação aumenta à medida que diminuimos as dimensões da matéria e quais efeitos podem ser obtidos por causa do aumento dessa relação. Este capítulo tem por objetivo:

- Compreender o conceito de área superficial e qual o interesse em desenvolver a capacidade de manipular esse fenômeno;
- Compreender a relação em área superficial e volume;
- Compreender como desenvolver a capacidade de manipular a área superficial pode ajudar no combate à problemas ambientais;

### **1.2.4. Nanotubos de carbono e grafeno**

Capítulo que fecha a unidade de ensino, é nele que se discute duas das nanoestruturas mais tratadas em textos de divulgação científica e com enorme potencial de aplicação em várias áreas da tecnologia. Esse capítulo complementa o primeiro mostrando porque é tão importante para a Ciência e a Tecnologia conseguir manipular a matéria. Este capítulo tem por objetivo:

- Compreender o que são o grafeno e nanotubos de carbono e por que suas propriedades são vistas como revolucionárias.
- Compreender como a reorganização dos átomos altera as propriedades do material.

## **2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

### **2.1. Aulas 1 e 2 - Da possibilidade ao surgimento de uma nova ciência**

#### **2.1.1. Plano de aula**

**Tema:** Escalas de tamanho e definições de Nanociência e Nanotecnologia.

**Duração:** 140 minutos.

**Objetivos:**

- Compreender por que o armazenamento de informação e a inclusão de deficientes visuais na ciência são desafios para a sociedade e como a nanociência e a nanotecnologia podem contribuir para melhorá-las;
- Compreender as origens da nanociência e nanotecnologia e entender o aumento na capacidade de armazenamento como uma de suas potenciais contribuições;
- Compreender as diferentes escalas de tamanho e conseguir compreender em qual intervalo nessa escala se situa a N&N;
- Compreender que as “visões” que temos do mundo subatômico a partir da N&N são modelos e não visões diretas desse universo;

**Desenvolvimento:**

Essa aula deve ser iniciada com uma atividade de leitura do texto “Memórias eternas”.

Após o término dessa atividade, deve-se desenvolver o conteúdo teórico desse primeiro capítulo da unidade de ensino.

Ao término do desenvolvimento da teoria prevista para esse primeiro capítulo, deve-se desenvolver com os alunos a atividade de simulação de microscópio de tunelamento.

Terminada a atividade de simulação de microscópio de tunelamento, inicia-se o debate, levantando duas questões, em que os alunos devem expor suas opiniões, com a mediação do professor, seguida do questionário.

**Materiais/Equipamentos**

- Notebook e projetor.
- Textos.
- Isopor e papelão (para a atividade de simulação de microscópio de tunelamento).
- Ímãs de neodímio.
- Lousa e giz.

## **Avaliação**

Tanto o desenvolvimento da atividade de simulação desenvolvimento pelos alunos, quanto as suas respectivas participações no debate devem ser analisadas pelo professor. Além dessas duas atividades, o questionário deve ser aplicado como um método mais formal de avaliação, por fornecer ao professor um registro escrito das concepções desenvolvidas pelos alunos.

### **2.1.2. Descrição das atividades**

**Primeira atividade: Leitura do texto “memórias eternas”.**

#### ***Memórias eternas***

*A história da humanidade começou com a invenção da escrita e ela só foi possível porque existia onde armazenar informação. Desde então, a humanidade vem desenvolvendo melhores formas de registrar nossa memória para a posteridade. Desde os primeiros escritos em pedra até os atuais HDs e DVDs de armazenamento, todas essas são formas de guardar informação.*

*O principal objetivo das pesquisas sobre esse tipo de memória é justamente conseguir armazenar a maior quantidade de informação no menor espaço possível. Hoje em dia é possível ter armazenado todo o acervo de uma biblioteca dentro de um DVD. Mas como se deu esse progresso?*

#### ***Uma Breve História da Memória...***

*O registro mais antigo de memória armazenada foi de desenhos encontrados em paredes de cavernas. Isso é considerado pré-história, pois ainda não havia sido desenvolvida a escrita. Ela surgiu a partir do aprimoramento desses desenhos, transformando imagens em ideogramas menores e depois em letras. Tudo isso ocorreu há mais de cinco mil anos.*

*Desde essa época até hoje houveram diversos avanços na tentativa de tornar o armazenamento mais eficaz. Os primeiros escritos em pedras e tábuas de argila ocupavam muito espaço. Surgiu então o papiro e logo em seguida o papel. Assim, transportar conhecimento ficou muito mais fácil e leve.*

*Durante muito tempo, os livros foram a melhor forma de armazenar tecnologia. Os mais antigos eram feitos de couro e pesavam muito mais do que os de papel, que logo os substituíram. Todo o trabalho de desenvolvimento de tecnologia era para fazer folhas mais leves e formas de impressão mais finas, capaz de armazenar muito mais informação em um espaço muito menor.*

*Com o avanço da tecnologia e o surgimento da informática, no século XX, surgiram as primeiras memórias digitais, utilizando a linguagem binária de 0 e 1. Cada ponto era um bit de informação e essas memórias conseguiam armazenar muitos bits em pouco espaço. Oito pontos formavam um byte e cada byte pode ser um caractere. Assim, muitas letras foram substituídas por vários pontos menores.*

*As primeiras formas de registro digital foram as magnéticas, utilizados bastante em disquetes e fitas K7. Aos poucos a eficiência desses disquetes foi melhorando e a densidade de informação aumentou. Densidade de informação pode ser entendida como a capacidade de armazenamento, dividido pela área ocupada. Ou seja, quanto mais informação em um menor espaço, maior a densidade. Hoje em dia ainda utilizamos essa memória magnética em nossos HDs.*

*Além da memória magnética, temos as memórias óticas dos CDs, DVDs e Blu-rays. Elas utilizam raios de luz para armazenar e ler os bits de informação, e como a luz utilizada é muito menor do que os leitores magnéticos, as memórias óticas também têm maior densidade que as magnéticas.*



*Outro tipo de memória que está ganhando bastante espaço hoje em dia, justamente por ser barata e de grande densidade, é a memória flash. Ela armazena informações em um chip de silício, tal qual chips de computador. O grande problema dela é que um único dispositivo de armazenamento tem um limite físico de tamanho (que aumenta com o passar do tempo e a melhora da tecnologia e atualmente os de 16 Gb ou 32 Gb são os maiores comumente encontrados no mercado. Porém, existem outros de até 256 Gb, apesar de terem preços mais caros. Uma forma bastante simples de resolver isso é ter vários dispositivos de memória flash combinados. Isso não melhora a densidade de informação, somente a quantidade.*

*O grande problema disso tudo é que quanto maior ficava a densidade da memória, menor era o tempo de duração da mídia que a continha, pois os meios ficavam muito mais frágeis e delicados. Os primeiros escritos em pedra, com densidade de memória muito menor, duraram até hoje, enquanto alguns disquetes feitos nos anos 80 já não podem ser mais lidos, pois se degradaram nesse meio tempo. Foi pensando nisso que pesquisadores começaram a desenvolver a “memória eterna”.*

### ***A memória que dura para sempre***

*A eternidade é algo difícil de mensurar. Mas sabe-se que ela dura por bastante tempo. Essa nova tecnologia, depois de passar por alguns testes, foi prevista para durar praticamente um bilhão de anos sem perder informações. Como até agora nem mesmo a humanidade conseguiu chegar perto do bilhão de anos, estão chamando essa nova tecnologia de Memória Eterna.*

*Ela funciona utilizando nanotecnologia de nanotubos de carbono. São pequenos tubos que contêm micropartículas de ferro. Esse ferro pode estar em uma de duas posições, indicando um 0 ou 1 no sistema binário. A grande questão é que esses microtubos são tão pequenos que é possível ter muito mais informação em uma área muito menor do que qualquer memória feita até hoje. Além disso, a constituição de carbono e ferro garante ao sistema uma estabilidade muito maior, conservando a informação por muito mais tempo.*

*Mas não é só isso a novidade. Pesquisadores conseguiram, utilizando diferentes frequências e ângulos de luz do leitor, armazenar até seis informações*

*diferentes na mesma área. Assim, você consegue uma densidade muito maior, sem risco de perder conteúdo.*

*Todo esse sistema funciona alinhando esses nanotubos de carbono entre pequenas placas magnéticas, capazes de movimentar as micropartículas de ferro quando ativadas com eletricidade. Entretanto, esse sistema é tão pequeno que basta um simples elétron em uma dessas placas para movimentar o ferro. O leitor é ótico, feito com raios laser de diferentes frequências. Isso faz com que um mesmo raio possa, ao mesmo tempo, ativar as placas magnéticas e ler as informações dos nanotubos.*

### **Aplicações dessa nova memória**

*Até agora, o sistema de armazenamento em fitas magnéticas é o que tem maior estabilidade e duração, mas, devido à sua forma de trabalho, é utilizado somente por bancos, algumas agências do governo e grandes empresas. A maioria das pessoas e instituições precisa recorrer à substituição de mídia, fazendo backups periódicos do material guardado. A ideia é que essas memórias eternas possam substituir os discos de armazenamento de grandes bancos de dados, bibliotecas, universidades, até mesmo chegando aos computadores pessoais.*

*O grande desafio será na fabricação. Os modelos desenvolvidos ainda são protótipos, ou seja, são modelos únicos feitos para testes. Ainda não se sabe como pode ser a produção dos nanotubos de carbono para venda em massa, nem quanto isso poderia sair. Como a tecnologia é bastante nova e não tão difundida, inicialmente imagina-se um preço muito alto para as memórias eternas. Mas, como ocorre com todas as tecnologias, com o tempo, o valor de produção tende a cair e essa forma de armazenamento pode se tornar muito mais popular.*

### **Conclusão**

*As pesquisas ainda estão em andamento, por isso não existe previsão de quando algo assim possa vir para o mercado de consumidores. Mesmo assim, isso é um bom sinal, pois mostra que a humanidade está preocupada em guardar a sua história e sua memória por mais tempo. Além disso, essas memórias, por*

*terem uma densidade muito maior do que qualquer outra já desenvolvida, conseguem armazenar muito mais informação do que conseguimos imaginar.*

*Imagine que em um pequeno espaço, em um chip de microtubos de carbono, seja capaz de guardar o que quisermos durante quanto tempo precisar. Os arqueólogos do futuro, do século XXX, não mais precisarão escavar sítios perdidos, mas sim desvendar e ler as memórias eternas para saberem como eram as pessoas no século XXI.*

## **Desenvolvimento da teoria**

Neste primeiro capítulo em que são explicados os conceitos mais básicos de Nanociência e Nanotecnologia, a teoria é precedida pela ideia proposta por Richard Feynman em sua palestra “There's plenty of room at the bottom”, em 1959, de que seria possível abrigar tudo que está contido na Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete.

O primeiro tópico desse capítulo trata das noções de medidas e tamanhos. Nele são mostrados e explicados os submúltiplos do metro e seus respectivos símbolos, inicialmente por meio da tabela a seguir.

Tabela 1: Submúltiplos do metro.

| <b>Nome</b> | <b>Símbolo</b> | <b>Submúltiplo</b>                       |
|-------------|----------------|--|
| Metro       | m              | $1m = 1m$                                |
| Decímetro   | dm             | $10^{-1}m = 0,1m$                        |
| Centímetro  | cm             | $10^{-2}m = 0,01m$                       |
| Milímetro   | mm             | $10^{-3}m = 0,001m$                      |
| Micrometro  | $\mu m$        | $10^{-6}m = 0,000\ 001m$                 |
| Nanômetro   | nm             | $10^{-9}m = 0,000\ 000\ 001\ m$          |
| Angstrom    | Å              | $10^{-10}m = 0,000\ 000\ 000\ 1\ m$      |
| Picometro   | pm             | $10^{-12}m = 0,000\ 000\ 000\ 001\ m$    |
| Fentometro  | fm             | $10^{-15}m = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001m$ |

Attometro

am  $10^{-18}m = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001m$

Fonte: Pelo próprio autor.

Para atribuir significado a esses valores tão abstratos e também desenvolver o conceito de escala de tamanho, foram usadas as seguintes imagens.

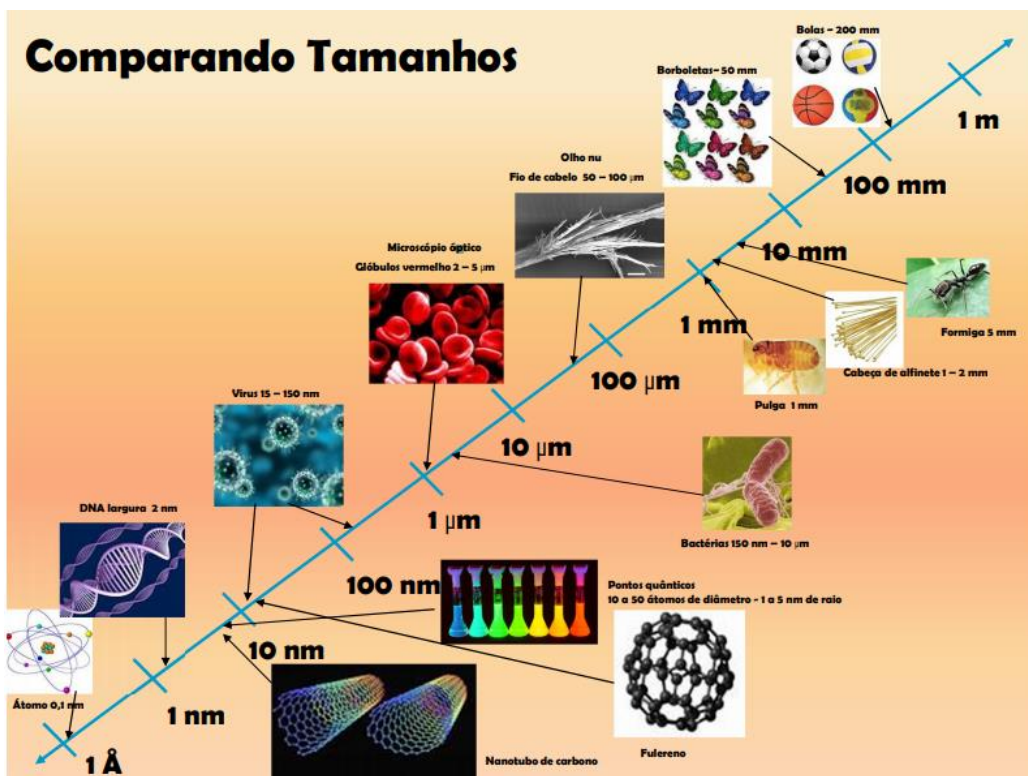


Figura 1: Comparação entre os tamanhos de diferentes coisas com dimensões menores que um metro.

Fonte: Patrícia Moura Dias. Site: fundacentro (2016).

## Escala nanométrica

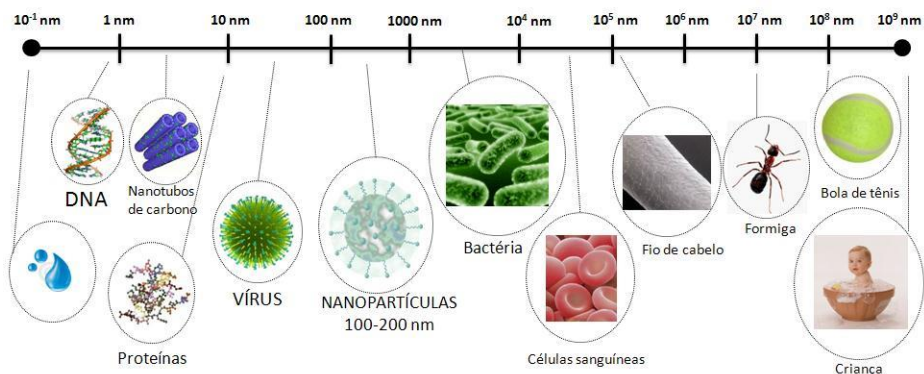


Figura: Cândice Felippi

Figura 2: Comparação entre os tamanhos de diferentes coisas em função de nanômetros.  
Fonte: Amanda Jurno. Site: minasfazciencia (2016).

Após desenvolver o conceito de escalas de medidas, inicia-se o segundo tópico do primeiro capítulo que retoma a proposta de Feynman exposta no início, para explicar como o próprio Feynman justificou essa possibilidade de compilar toda a Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete em sua palestra, com base no livro *nanoestruturas 1 – princípios e aplicações*, p. 8.

Para complementar a fala de Feynman, e de certa forma corroborá-lo, foram usados os vídeos descritos abaixo.

- **Veja um Átomo!**

Vídeo que explica a origem da ideia de átomo, porque não conseguimos enxergá-lo e a origem de microscópios de tunelamento. É mencionado também a capacidade de manipular átomos individualmente, a possibilidade de mudar a estrutura dos materiais com essa técnica, exemplificando com o caso do grafeno, grafite e diamante.

- **IBM Animação Composta Por Átomos.**

Vídeo que mostra uma animação, desenvolvida pela IBM, toda produzida a partir de manipulação de átomos.

- **Moving Atoms: Making The World's Smallest Movie.**

O vídeo mostra como foi o processo de produção da animação da “menor animação do mundo”, feita com *frames* de átomos, pela IBM.

Após os vídeos, são trazidas definições sobre o que é a Nanociência e Nanotecnologia, “definição” de nanoescala e a origem do prefixo nano, com base no livro *nanoestruturas – princípios e aplicações*, pag. 6 e no artigo ZANELLA, *et. al.*, 2009.

**Segunda atividade: Leitura do texto “nanociência instiga cegos a serem cientistas”.**

## ***Nanociência instiga cegos a serem cientistas***

*Grupo quer estimular interesse pela ciência em estudantes com deficiência visual.*

*"Somos todos cegos na nanoescala", diz pesquisador.*

*A observação é parte intrínseca do trabalho científico, mas na nanociência nossos olhos não servem para nada. É com isso em mente que um grupo de pesquisadores americanos quer estimular os cegos a se tornarem cientistas.*

*"Somos todos cegos na nanoescala", diz Andrew Greenberg, do Centro de Engenharia e Ciência de Nanoescala, da Universidade de Winsconsin-Madison, e do Instituto de Educação Química, nos Estados Unidos. "A mensagem para os estudantes cegos é: 'isso é algo que você pode fazer, esse é um campo em que você pode entrar. Você tem a mesma capacidade para entender o que está acontecendo que qualquer outra pessoa'", diz ele.*

*O menor objeto que conseguimos enxergar é milhares de vezes maior que uma nanoestrutura -- mesmo os melhores e mais avançados microscópios são cegos nessa escala. É com esse argumento que Greenberg e sua equipe estão tentando instigar o interesse pela ciência nos deficientes visuais. "A ciência deve estar aberta a todos que têm interesse", afirma.*

*Da mesma maneira que alunos que enxergam estudam imagens aumentadas de uma nanoestrutura, os estudantes cegos vão analisar modelos aumentados que podem ser tocados por seus dedos. Isso graças ao trabalho de Greenberg e um de seus alunos, Mohammed Farhoud.*

*Para começar o trabalho, eles fizeram uma versão em nanoescala do mascote da universidade, Bucky Badger, com nanofibras de carbono. O NanoBucky é tão pequeno que seriam preciso 9 mil cópias dele para preencher uma cabeça de alfinete. Depois, os pesquisadores fizeram uma versão ampliada do NanoBucky, que os alunos cegos podem tocar para entender a estrutura das nanofibras.*

*O próximo passo da pesquisa será testar o aprendizado dos deficientes visuais para ver se eles realmente conseguiram absorver conhecimentos sobre nanociência. Se der certo, os modelos poderão ajudar até mesmo estudantes que enxergam.*

*O trabalho foi apresentado originalmente durante a reunião nacional da Sociedade Americana de Química.*

### **Terceira atividade (atividade prática): Simulação de microscópio de tunelamento**

#### **Objetivos:**

- Compreender em escalas muito pequenas não enxergamos a realidade, o que fazemos é uma representação para termos uma referência visual.
- Simular a utilização de um microscópio de força atômica para compreender que o mapeamento que ele reproduz é uma representação do átomo ou de um arranjo de átomos.

#### **Simulação de um microscópio de tunelamento.**

O aparato feito com isopor e papelão pode ser desenvolvido previamente pelo professor ou também pode ser desenvolvido pelos alunos.

Uma placa de isopor é colada em uma folha de papelão com as mesmas dimensões do isopor. No isopor são inseridos pequenos ímãs de neodímio, de modo a formar alguma figura. O conjunto é entregue de modo que os alunos não vejam a parte de baixo, onde então inseridos os ímãs. Usando um outro ímã, os alunos vão varrer a superfície do papelão e, guiados pela interação magnética entre os ímãs, vão determinar qual figura é formada pelo arranjo dos ímãs. Nessa atividade, os ímãs inseridos no isopor representam átomos em uma superfície e o ímã que os alunos utilizam sobre a superfície representa a ponta ultrafina de um microscópio de tunelamento.

As imagens a seguir mostram um desses aparatos, desenvolvido como parte de produto.

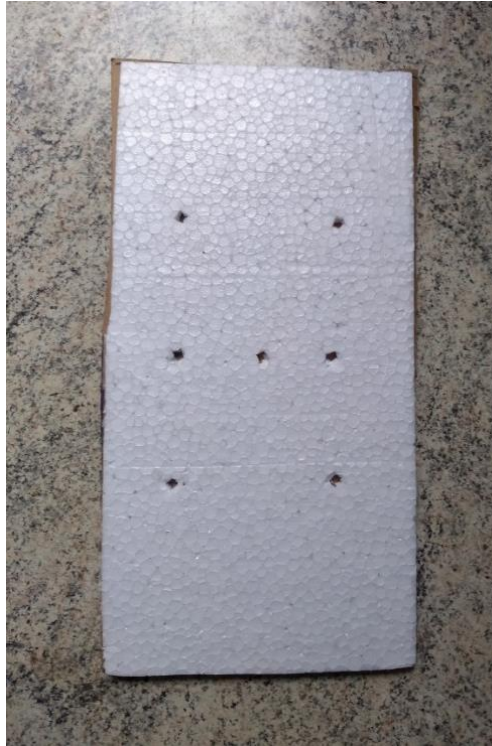


Figura 3: Aparato de isopor e papelão visto por baixo. Nesses buracos são inseridos os ímãs de neodímio com formato cúbico.  
Fonte: Do autor.



Figura 4: Aparato de isopor e papelão visto por cima.  
Fonte: Do autor.





Figura 5: Aparato de isopor e papelão visto por baixo com os ímãs cúbicos posicionados e o ímã em forma de disco usado para “varrer” a superfície oposta do aparato.  
Fonte: Do autor.

### Questões para debate

- Na sua opinião, o desenvolvimento das “memórias eternas” acontece de forma neutra? Em outras palavras, que tipo de atores sociais ou instituições poderiam estar interessados ou envolvidos com esse desenvolvimento?
- Você acredita que a inclusão é uma necessidade social? Você acredita que a inclusão deve/pode ocorrer também no meio científico?

### Questionário

- 1- A partir dos conceitos estudados nesse capítulo, por que podemos afirmar que a nanociência é uma ciência invisível?
- 2- E por que podemos defini-la como inclusiva?
- 3- Você considera que o armazenamento de informação é uma necessidade da nossa sociedade? Por quê?

- 4- Como o desenvolvimento de um armazenamento de informação eterno pode contribuir para a nossa sociedade? E quais os riscos desse desenvolvimento?
- 5- A partir das técnicas de microscopia que vemos nos vídeos, podemos dizer que nos tornamos capazes de ver o átomo? Por quê?
- 6- Analisando a reportagem “memórias eternas”, você considera que algum fator externo à ciência possa influenciar nesse processo?
- 7- O que são nanociência e nanotecnologia?

## **2.2. Aulas 3 e 4 – As propriedades ópticas**

### **2.2.1. Plano de aula**

**Tema:** As mudanças nas propriedades ópticas dos materiais nanométricos.

**Duração:** 140 minutos.

**Objetivos:**

- Compreender que a mudança na escala de tamanho não tem relação apenas com o tamanho dos objetos, mas também relações diretas com as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo.
- Compreender como as propriedades óticas se alteram na nanoescala.
- Perceber que mesmo sem um total conhecimento dessas relações, as propriedades óticas de materiais em nanoescala já vem sendo exploradas a séculos, o que nos mostra que os conceitos científicos não são criados, e sim, descobertos.

**Desenvolvimento:**

Essa aula deve ser iniciada com a leitura do texto “Taça de 1.600 anos que muda de cor já usava princípios de nanotecnologia”, como uma atividade individual pelos alunos.

Após terminada a leitura do texto, deve-se desenvolver o conteúdo teórico do capítulo dois da unidade, que consiste em uma revisão dos fenômenos

ópticos da reflexão, refração, dispersão, polarização e ressonância, e também na explicação do fenômeno de ressonância de plásmons de superfície (RPS).

O desenvolvimento do conteúdo teórico deve ser seguido pela atividade de simulação da mudança de cor do ouro. Após essa atividade deve ser realizado o debate previsto para o capítulo dois da unidade de ensino seguido pelo seu respectivo questionário.

### **Materiais/Equipamentos**

- Notebook e projetor.
- Texto.
- Lousa e giz.

### **Avaliação**

Assim como no primeiro capítulo o desenvolvimento do debate e da atividade de simulação da cor do ouro deve ser um momento de avaliação dos alunos pelo professor. O último momento de avaliação deve ser a aplicação do questionário previsto para esse segundo capítulo.

#### **2.2.2. Descrição das atividades**

**Primeira atividade: Leitura do texto “Taça de 1.600 anos que muda de cor já usava princípios de nanotecnologia”.**

***Taça de 1.600 anos que muda de cor já usava princípios de nanotecnologia***

*Objeto apresenta cores diferentes conforme a posição da fonte de luz.*

*'Cálice de Licurgo', da Roma Antiga, está atualmente no Museu **Britânico**.*

*O objeto da Roma Antiga conhecido como “Cálice de Licurgo”, que está atualmente no Museu Britânico e tem mais de 1.600 anos de história, é conhecido por uma peculiaridade: quando é iluminado pela frente, tem a cor*

verde jade. Quando iluminado por trás, parece ser vermelho sangue. A história sobre a revelação da “mágica” do cálice que muda de cor foi publicada na edição de setembro da revista "Smithsonian".

O mistério só foi revelado em 1990, quando pesquisadores analisaram em microscópio pequenos fragmentos quebrados do vidro. Eles descobriram que o vidro continha partículas de prata e de ouro tão pequenas que seria preciso mil delas para alcançar o diâmetro de um grão de sal refinado. As partículas tinham, mais precisamente, 50 nanômetros de diâmetro, o que faz dos antigos romanos os pioneiros da nanotecnologia.

Quando a luz bate no vidro, os elétrons dos metais ali contidos vibram de maneira que alteram a cor dependendo da posição do observador. Pesquisadores imaginaram que, quando a taça estava cheia de líquido, isso alteraria a interação dos elétrons e também a cor do vidro.

Como não era possível encher a relíquia com líquido para realizar experiências, cientistas procederam da seguinte forma: fizeram pequeno furinhos em uma plataforma de plástico do tamanho de um selo de carta e espalharam pelos furinhos nanopartículas de ouro e prata, assim como os antigos romanos haviam feito no vidro do cálice.

Quando soluções de água, óleo ou açúcar eram derramadas nos furinhos, eles apresentavam uma gama de cores de fácil distinção – verde claro para água e vermelho para óleo, por exemplo.

O mesmo tipo de tecnologia que os romanos aprenderam a utilizar para fazer arte é utilizada, hoje em dia, na área da saúde. Testes de gravidez caseiros, que envolvem uma reação de mudança de cor, por exemplo, utilizam princípios similares.

O cálice, que foi adquirido pelo Museu Britânico na década de 1950, tem esse nome porque retrata uma cena da vida do rei Licurgo da Trácia.

## **Desenvolvimento da teoria**

Os fenômenos de reflexão, refração dispersão foram baseados na teoria contida no site da UNIFRA<sup>1</sup>, de onde também foram retiradas as imagens usadas na explicação.

Os fenômenos de ressonância e polarização foram explicados com base na teoria contida no site educação.globo<sup>2</sup>, de onde também foram retiradas as imagens para explicar esses conceitos.

Para fechar esse capítulo é explicado o fenômeno de ressonância de plasmóns de superfície (RPS), com base no artigo “Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino” (MELO, et al, 2012).

## **Segunda atividade: Simulação de mudança de cor do ouro.**

### **Objetivo:**

- Evidenciar como as propriedades ópticas de um material são modificadas quando as dimensões dos materiais são reduzidas.

Essa atividade utiliza o simulador “mudança de cor do ouro”<sup>3</sup> para simular as diferentes cores apresentadas por nanopartículas de ouro dissolvidas em água. A seguir são mostradas imagens que exemplificam essas simulações.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/#6>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/propriedades-oticas-em-nanociencia/#5>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

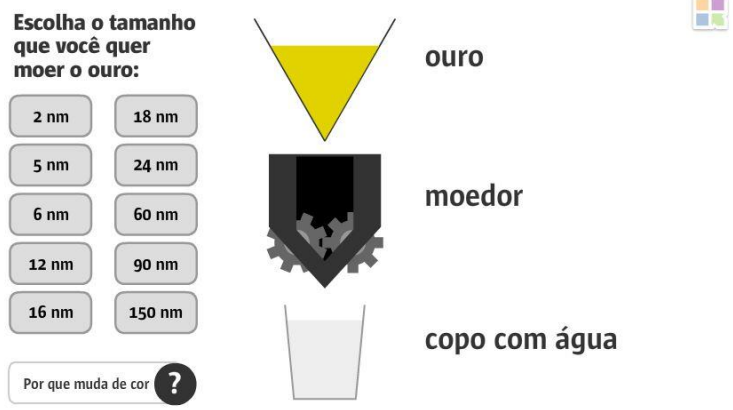


Figura 6: Interface do simulador "Mudança de cor do ouro".  
 Fonte: Site: maisunifra.

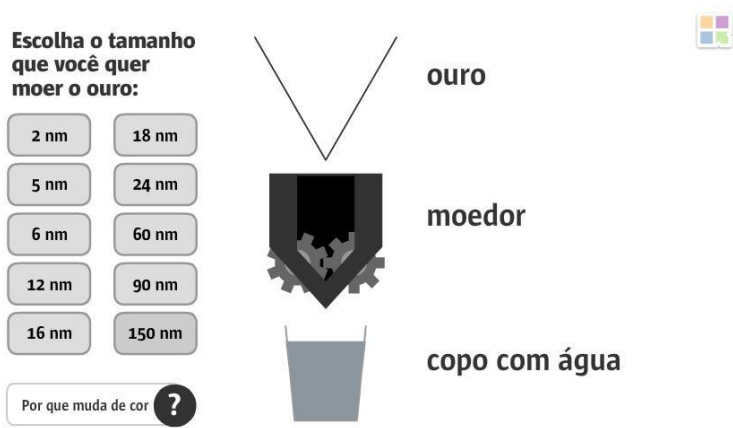


Figura 7: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 150 nanômetros e dissolvidas em água.  
 Fonte: Site: maisunifra.

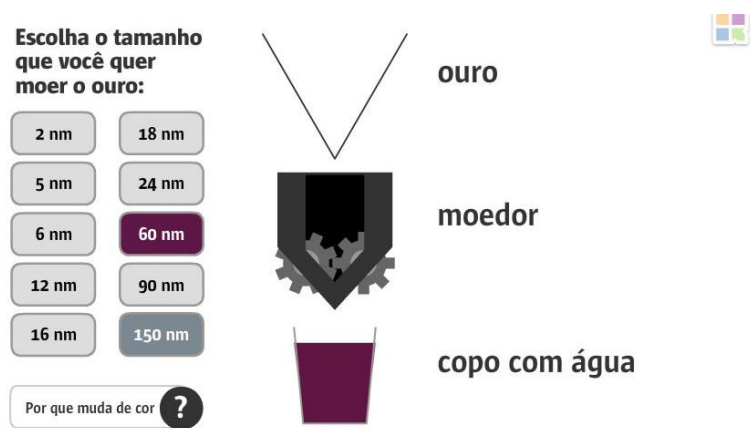


Figura 8: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 60 nanômetros e dissolvidas em água.  
 Fonte: Site: maisunifra.

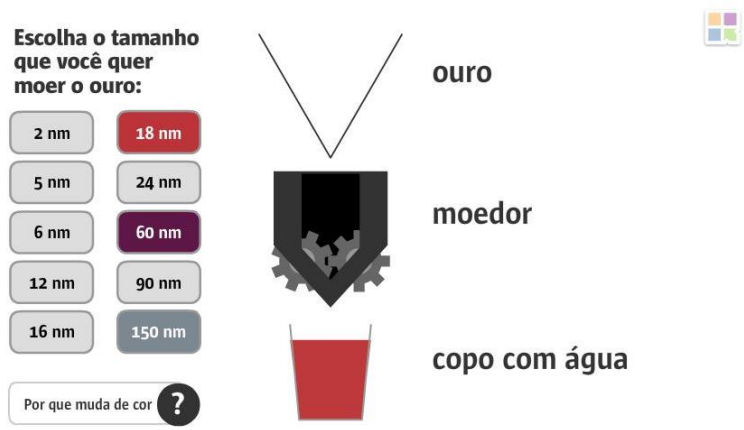


Figura 9: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 18 nanômetros e dissolvidas em água.  
 Fonte: Site: maisunifra.

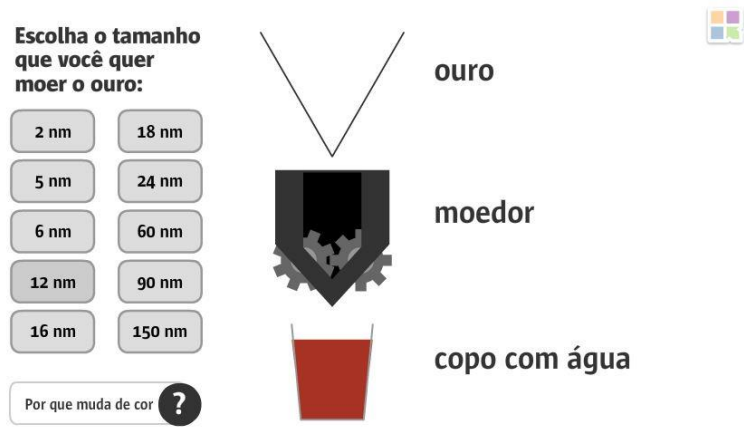


Figura 10: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 6 nanômetros e dissolvidas em água.  
 Fonte: Site: maisunifra.

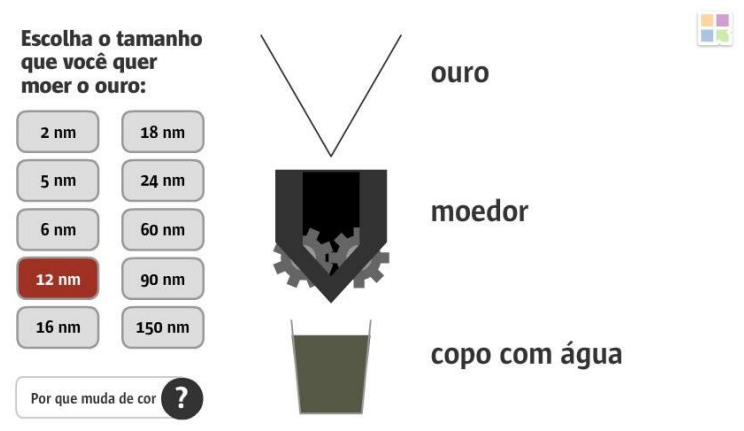


Figura 11: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 2 nanômetros e dissolvidas em água.  
 Fonte: Site: maisunifra.

## Questões para debate

- Baseado nos conceitos vistos e na reportagem, você acredita que a utilização dessas propriedades ópticas de nanopartículas na medicina pode nos trazer benefícios? Quais?
- Existe alguma relação entre a taça de Licurgo e a descobertas sobre as alterações das propriedades ópticas em nanoescala?

## Questionário

- 1- As alterações nas propriedades ópticas que vimos no Cálice de Licurgo acontecem com qualquer nanomaterial?
- 2- As características diferentes que são apresentadas se devem apenas ao tamanho das partículas de ouro e de prata que a compõem? Justifique.
- 3- Você acredita, a partir do que vimos nesse capítulo, que a ciência se desenvolve sem qualquer influência histórica?

## 2.3. Aulas 5 e 6 – Manipulação da área superficial

### 2.3.1. Plano de aula

**Tema:** O aumento da relação área superficial/volume com a diminuição das dimensões do material

**Duração:** 140 minutos.

#### **Objetivos:**

- Compreender o conceito de área superficial e qual o interesse em desenvolver a capacidade de manipular esse fenômeno;
- Compreender a relação em área superficial e volume;
- Compreender como desenvolver a capacidade de manipular a área superficial pode ajudar no combate à problemas ambientais;



### **Desenvolvimento:**

Essa aula deve ser iniciada por uma atividade de leitura do texto “Novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano”, feita pelos alunos, individualmente.

Terminada a atividade de leitura, deve ser desenvolvido o conceito de relação área superficial/volume, e os efeitos causados pelo aumento dessa relação.

O desenvolvimento desses conceitos teóricos deve ser seguido pela atividade de cálculo da relação área superficial/volume usando kit ouro, para demonstrar o aumento dessa relação conforme diminuimos as dimensões de um determinado material e ajudar a assimilar esse importante conceito da Nanociência e Nanotecnologia.

Ao término dessa atividade deve ser desenvolvido o debate e proposto o questionário previsto na unidade para esse capítulo.

### **Materiais/Equipamentos**

- Notebook e projetor.
- Texto.
- Lousa e giz.
- Kits de material dourado.

### **Avaliação:**

Seguindo os passos das aulas anteriores, o professor deve se manter atento ao debate e à atividade de cálculo da relação área superficial/volume. E ao final dessas duas atividades, aplicar o questionário previsto na unidade para esse terceiro capítulo.

### **2.3.2. Descrição das atividades**

**Primeira atividade: Leitura do texto “Novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano”.**

## **Novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano**

*Pesquisadores desenvolvem uma tecnologia para ajudar a combater os prejuízos causados pelo derramamento de petróleo*

*Nanopartículas que absorvem petróleo como esponjas foram projetadas por cientistas da Universidade do Texas A&M, nos Estados Unidos (EUA). As nano-esponjas servem para retirar o óleo derramado que afundou no mar. A pesquisa foi publicada no periódico acadêmico ACS Nano*

*Para efetuar a limpeza da superfície de oceanos quando acidentes com petróleo acontecem, já existem certos métodos tradicionais de remoção, mas eles não funcionam para purificar o fundo dos oceanos contaminados.*

*Para se livrar da poluição que estava alojada nas profundezas, produtos químicos dispersantes eram utilizados. Mas esses compostos não removiam as impurezas do oceano, apenas tornavam o petróleo derramado na hidrosfera menos danoso ao meio ambiente.*

### **Sobre as pequenas esponjas**

*As nanopartículas usadas para limpar o oceano são 100 vezes mais finas do que um fio de cabelo humano e capturam dez vezes o seu próprio peso de poluição de óleo no mar. Depois de completar o serviço, as esponjas nanicas podem ser retiradas da água, usando um ímã para atrair o ferro presente no óxido, e terem o óleo removido através de uma lavagem com etanol. Após esses processos, as nanopartículas podem ser reutilizadas para outras atividades.*

*A arquitetura das nano-limpadoras é baseada em nanopartículas de óxido de ferro com revestimento de um polímero que usa isopor e o absorvente utilizado em fraldas de bebê. Quando empregada para despoluir o oceano, um pouco de água é assimilada, mas o principal é a grande quantidade de óleo absorvido. Quando está cheia, a nanopartícula muda de cor, indo do castanho claro para o preto, e flutua para a superfície.*

### **Método em teste e de complementação**

*A quantidade de nano-esponjas necessárias para limpar todo o volume despejado por um derramamento de petróleo seria astronômica. Por isso, o*

*emprego das técnicas tradicionais de limpeza de óleo no mar seria usado primeiramente. Depois, as nanopartículas lidariam com o excedente no fundo do mar. Trata-se de uma tecnologia que cria uma opção a mais para combater a poluição da hidrosfera. Além disso, os pesquisadores ainda estão avaliando como a tecnologia se comporta após ser lançada no oceano, medindo a influência que as ondas causam na absorção de óleo, por exemplo.*

*Uma preocupação que existe é que essas nanopartículas não são biodegradáveis, por isso há de se verificar a quantidade de material que pode ser lançado ao mar. Os pesquisadores estão trabalhando no desenvolvimento de um polímero baseado em açúcar que poderia ser absorvido pelo meio ambiente.*

*Como a grande relação superfície-volume das nanopartículas contribui para a despoluição do fundo do mar como propõe a reportagem?*

*Essa atividade propõe uma despoluição do fundo do mar, porém, pode oferecer algum risco ao meio ambiente? Quais?*

*Podemos afirmar que o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia é neutro? Em outras palavras, elas se desenvolvem apenas por uma influência mútua entre elas? Discorra sobre usando parte do texto para justificar seu ponto de vista.*

## **Desenvolvimento da teoria**

Para iniciar o desenvolvimento do conceito de relação área-superficial – volume, no terceiro capítulo, é utilizada a imagem abaixo, retirada do pdf *curso de segurança química*, de Patrícia Moura Dias, publicado no site fundacentro<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Disponível em:

<http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/Seg%20Quimica%20Nano%2012%202016.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2019.

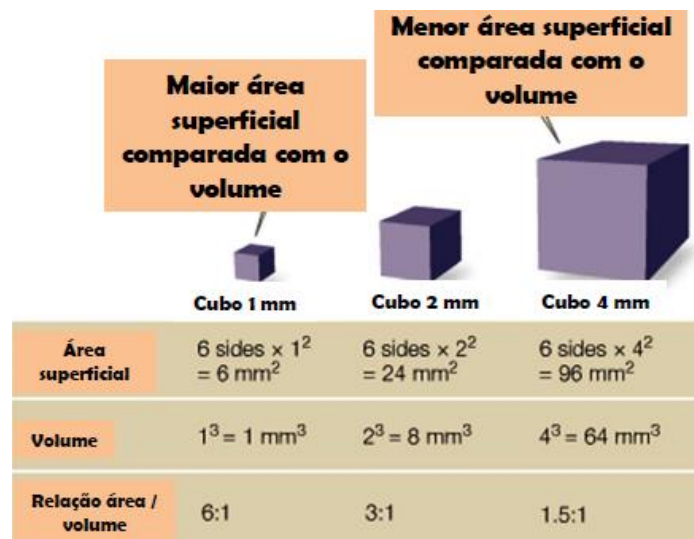


Figura 12: Demonstração do aumento da relação área superficial/volume.  
 Fonte: Patrícia Moura Dias. Site: fundacentro (2016).

Por meio dessa imagem é mostrado o aumento da área superficial de determinada quantidade de matéria conforme suas dimensões diminuem, o que é completamente contra intuitivo, motivo pelo qual uma das atividades propostas nesse capítulo é justamente demonstrar isso usando material dourado. Com base na imagem acima, e do artigo *Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio* (ZANELLA et al, 2009), são explicadas quais são as grandes vantagens na exploração do aumento da relação área superficial/volume,

Para finalizar a teoria desse capítulo, deve ser mostrado um vídeo contido na página da UNIFRA<sup>5</sup> que demonstra a diferença na velocidade de reação de uma pastilha efervescente inteira mergulhada em uma determinada solução, comparada com o mesmo experimento realizado com a pastilha triturada, o que demonstra a influência do aumento da relação área superficial/volume no tempo de reação do material em questão.

## Segunda atividade: Cálculo da relação área superficial/volume usando kit ouro

### Objetivo

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/#4>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

- Demonstrar o aumento da área superficial e da relação área superficial/volume a partir da miniaturização.

Para essa atividade é necessário material dourado, material esse feito de madeira, composto por cubos unitários, e arranjados em linha de dez cubos e superfície de dez cubos de largura por dez cubos de altura. Esse material é geralmente utilizado para ensinar, em matemática nos anos iniciais, os conceitos de centena, dezena e unidade.

Utilizando esse material, os alunos constroem cubos e paralelepípedos com diferentes dimensões. Com essas formas tridimensionais construídas, são calculados as áreas superficiais e os volumes de cada uma delas, e anotadas. Feito isso, é calculada a razão entre a área superficial de cada uma das formas e o seu respectivo volume, constatando que, conforme as dimensões das formas tridimensionais diminuem, a razão área superficial/volume aumenta.

Abaixo são trazidos os cálculos da relação área superficial/volume de dois paralelepípedos de dimensões diferentes.

- **Paralelepípedo de dimensões 10 u.m. x 10 u.m. x 3 u.m.<sup>6</sup>**



Figura 13: Paralelepípedo de dimensões 10 u.m. x 10 u.m. x 3 u.m.  
Fonte: Do autor.

Sendo a área superficial ( $A_s$ ) de um poliedro a soma da área de todas as faces, para um paralelepípedo 10x10x3 temos:

---

<sup>6</sup> U.m. = Unidade de medida.

Área da face superior = área da face inferior =  $A_1$

e

$$A_1 = 10 \cdot 10$$

$$A_1 = 100 \text{ u.m.}^2$$

Área de cada face lateral =  $A_2$

e

$$A_2 = 3 \cdot 10$$

$$A_2 = 30 \text{ u.m.}^2$$

Portanto a área superficial de um paralelepípedo 10 x 10 x 3 será:

$$A_s = 2 \cdot A_1 + 4 \cdot A_2$$

$$A_s = 2 \cdot 100 + 4 \cdot 30$$

$$A_s = 200 + 120$$

$$A_s = 320 \text{ u.m.}^2$$

O volume desse paralelepípedo será:

$$V = \textit{altura} \cdot \textit{largura} \cdot \textit{profundidade}$$

portanto,

$$V = 3 \cdot 10 \cdot 10$$

$$V = 300 \text{ u.m.}^3$$

Sendo  $R_{As/V}$  a relação área superficial/volume, para esse poliedro temos:

$$R_{As/V} = \frac{A_s}{V} = \frac{320}{300} \cong 1,067$$

- **Paralelepípedo de dimensões 6 u.m. x 6 u.m. x 3 u.m.**



Figura 14: Paralelepípedo de dimensões 6 u.m. x 6 u.m. x 3 u.m.  
Fonte: Do autor.

Área da face superior = área da face inferior =  $A_1$

e

$$A_1 = 6 \cdot 6$$

$$A_1 = 36 \text{ u.m.}^2$$

Área de cada face lateral =  $A_2$

e

$$A_2 = 3 \cdot 6$$

$$A_2 = 18 \text{ u.m.}^2$$

Portanto a área superficial de um paralelepípedo 6 x 6 x 3 será:

$$A_s = 2 \cdot A_1 + 4 \cdot A_2$$

$$A_s = 2 \cdot 36 + 4 \cdot 18$$

$$A_s = 72 + 72$$

$$A_s = 144 \text{ u.m.}^2$$

O volume desse paralelepípedo será:

$$V = \textit{altura} \cdot \textit{largura} \cdot \textit{profundidade}$$

portanto,

$$V = 3 \cdot 6 \cdot 6$$

$$V = 108 \text{ u.m.}^3$$

Sendo  $R_{As/V}$  a relação área superficial/volume, para esse poliedro temos:

$$R_{As/V} = \frac{A_s}{V} = \frac{144}{108} \cong 1,333$$

### Questões para debate

- Baseado na reportagem que vimos no começo desse capítulo, você percebe participação de algum ator social na tomada de decisão sobre a utilização desse recurso?
- Você acredita ser importante a participação de cidadãos comuns na tomada de decisões como essas?

### Avaliação

- 1- Como a grande relação superfície-volume das nanopartículas contribui para a despoluição do fundo do mar como propõe a reportagem?
- 2- A reportagem lida no começo do capítulo propõe uma despoluição do fundo do mar, porém, a forma como essa despoluição foi proposta pode oferecer algum risco ao meio ambiente? Quais?
- 3- Podemos afirmar que o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia é neutro? Em outras palavras, elas se desenvolvem apenas por uma influência mútua entre elas? Discorra sobre usando parte do texto para justificar seu ponto de vista.
- 4- É compreensível estarmos influenciados a pensar que a Ciência desenvolve Tecnologia, e essa Tecnologia é usufruída pela Sociedade. Em outras palavras, tendemos a pensar que essas três entidades se relacionam exclusivamente dessa forma. Você concorda com essa visão?
- 5- Na sua opinião, o desenvolvimento das nano-esponjas foi impulsionado por algo além da Ciência?

## 2.4. Aulas 7 e 8 – Nanotubos de carbono e grafeno

### 2.4.1. Plano de aula



**Tema:** Nanotubos de carbono e grafeno e suas propriedades.

**Duração:** 140 minutos.

**Objetivos:**

- Compreender o que são o grafeno e nanotubos de carbono e por que suas propriedades são vistas como revolucionárias.
- Compreender como a reorganização dos átomos altera as propriedades do material.

**Desenvolvimento:**

Essa aula deve ser iniciada pela leitura do texto “Conheça a camisinha do futuro feita em grafeno”, em atividade desenvolvida pelos alunos de forma individual.

Ao término da leitura do texto, deve-se desenvolver a teoria prevista no quarto capítulo da unidade que explica o que são nanotubos de carbono e grafeno, e suas propriedades.

O desenvolvimento da teoria desse quarto capítulo deve ser seguido pela atividade de construção de uma folha de grafeno usando kit molecular, que por sua vez, deve ser seguido pelo debate e pelo questionário.

**Materiais/Equipamentos**

- Notebook e projetor.
- Texto.
- Lousa e giz.
- Kits moleculares.

**Avaliação**

O professor deverá avaliar se os alunos constroem as folhas de grafeno obedecendo a sua estrutura plana e hexagonal e suas respectivas participações

no debate. Ao término dessas duas atividades deve ser aplicado o questionário formal previsto na unidade para esse capítulo.

#### **2.4.2. Descrição das atividades**

**Primeira atividade: Leitura do texto “Conheça a camisinha do futuro feita em grafeno”.**

##### ***Conheça a camisinha do futuro feita em grafeno***

*Grafeno: você já ouviu falar desse composto que rendeu o Prêmio Nobel de física em 2010? O grafeno é uma das formas cristalinas do carbono, assim como o diamante e o grafite. O grafeno de alta qualidade é muito forte, leve, quase transparente e um excelente condutor de calor e eletricidade. É o material mais forte já demonstrado, consistindo em uma folha plana de átomos de carbono densamente compactados em uma grade de duas dimensões.*

*Por essas e outras qualidades, a Fundação de Bill Gates doou US\$ 100 mil para pesquisadores misturarem o material ao látex dos preservativos, tornando-os mais finos, resistentes e prazerosos. O produto já vem sendo aplicado em filtros para dessalinizar água, baterias super potentes e processadores ultra rápidos – e agora, a camisinha do futuro, que deve aliar a força do grafeno à elasticidade do látex.*

*O objetivo da Fundação criada pelo fundador da Microsoft, Bill Gates, é o de lançar no mercado uma camisinha tão fina e segura que sirva de incentivo para a prática do sexo seguro no mundo inteiro, especialmente nos países pobres, com maior incidência de doenças sexualmente transmissíveis, colocando fim ao estigma de que o ato sexual com preservativo é menos prazeroso.*

*O diretor sênior da equipe de HIV na fundação Bill e Melinda Gates, Papa Salif Sow, disse que a super camisinha será uma arma poderosa na luta contra a pobreza. Segundo a organização, a produção mundial de camisinhas é de 15 bilhões de unidades por ano, utilizadas por 750 milhões de usuários. Os dados*

são muito inferiores, se comparados ao número de pessoas sexualmente ativas no mundo, mostrando que o sexo seguro ainda não é uma rotina na vida de muitas pessoas.

## Desenvolvimento da teoria

Esse capítulo explica, com base no artigo *Nanotubos e Grafeno: Os primos mais jovens na família do carbono* (PASTRANA-MARTÍNEZ et al, 2013) e também em consultas rápidas feitas em páginas encontradas em site de busca, como a página Brasil escola, o que são o grafeno e os nanotubos de carbono, suas singulares propriedades e possíveis aplicações. Também é explicado a diferença exclusivamente entre o modo como estão arranjados os átomos de alguns alótropos do carbono, o que determina muitas das propriedades do material em questão.

Para trazer uma referência visual aos alunos sobre a forma desses dois materiais, devem ser utilizadas as imagens abaixo.

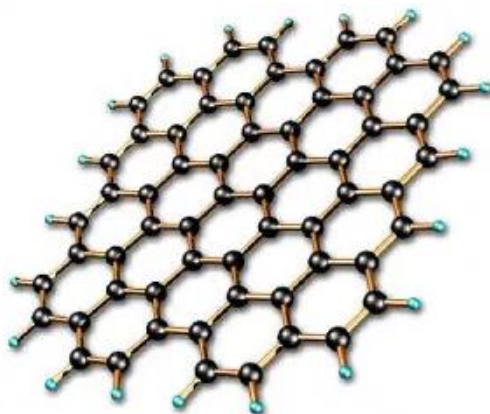


Figura 15: Representação da estrutura do grafeno.  
Fonte: Petter Rafael. Blog: viamais (2010).

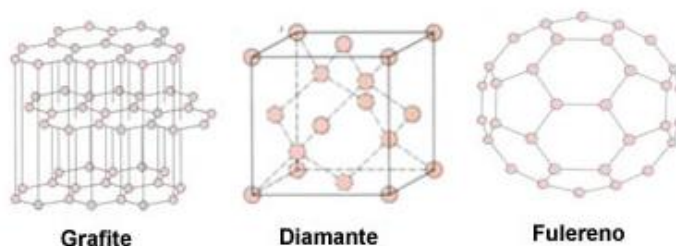


Figura 16: Forma de arranjo dos átomos de carbono no grafite, no diamante e no fulereno.  
Fonte: Fábio Rendelucci Site: educacao.uol.

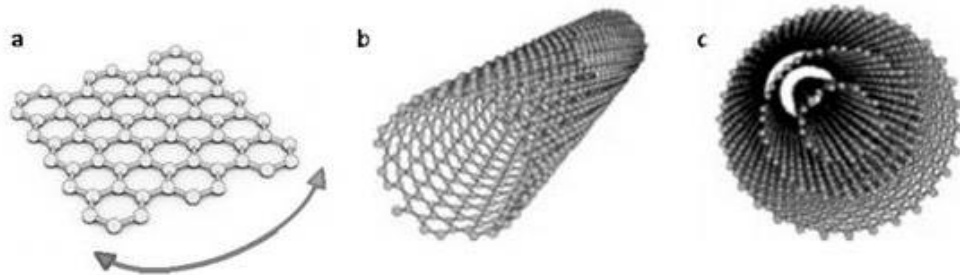


Figura 17: (a) Lençol de grafeno sendo enrolado em forma de cilindro. (b) Nanotubos de carbono de parede simples. (c) Nanotubos de carbono de paredes múltiplas.  
 Fonte: MACHADO, I. R. L, et al, apud HADDON, 2002.

## Segunda atividade: Construção de folhas de grafeno usando kit molecular.

### Objetivo

- Compreender as dimensões desse material e sua forma hexagonal.

Para essa atividade é necessário apenas um kit molecular. Os alunos devem reproduzir, usando esse kit, folhas de grafeno, de acordo com suas dimensões e com o arranjo dos seus átomos

As figuras abaixo mostram um kit molecular e um exemplo de folha de grafeno representada usando esse kit.



Figura 18: Kit molecular usado para realizar a atividade de construção de folhas de grafeno.  
 Fonte: Do autor.

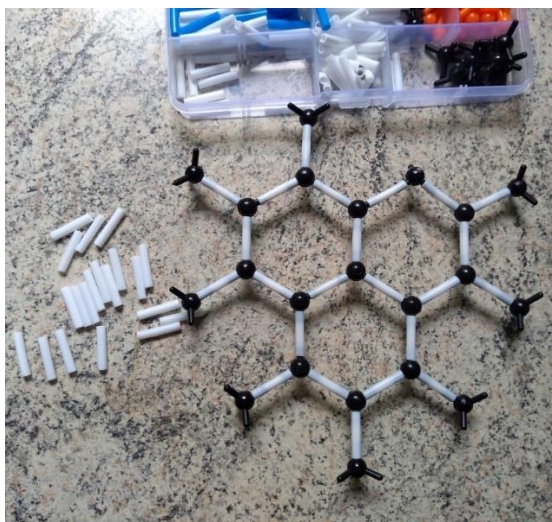


Figura 19: Exemplo de folha de grafeno construída usando o kit molecular da figura 22.  
Fonte: Do autor.



Figura 20: Visão de perfil da figura 23. Evidencia o fato da folha de grafeno ter apenas um átomo de espessura.  
Fonte: Do autor.

### Questão para debate

- Podemos considerar que a ciência é neutra ou ela tem relação com fatores políticos, econômicos, sociais, etc? Discorra sobre isso.

### Avaliação

- 1- Já que o grafite presente nos lápis que usamos são compostos pelo mesmo elemento que o grafeno e os nanotubos que estudamos, carbono, o que explicaria suas propriedades tão diferentes?
- 2- A partir dos textos que analisamos, você acredita que o interesse no desenvolvimento dessas tecnologias é exclusivamente de cientistas e da sociedade, pelo benefício que podem nos trazer? Em caso de uma

resposta negativa, que outro tipo de instituição você acredita estar interessada nesse desenvolvimento?

- 3- Você acredita que o desenvolvimento desses produtos traria exclusivamente bem-estar para a sociedade?
- 4- Caso a resposta à pergunta anterior seja negativa, quais riscos o desenvolvimento desses produtos pode nos trazer?
- 5- Você acredita que no caso de esses produtos chegarem no mercado, todos teriam acesso a eles?

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A BOY And His Atom: The World's Smallest Movie. Realização de IBM. Nova Iorque: **IBM**, 2013. Son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=oSCX78-8-q0>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

CONCEITOS básicos relacionados à nanociência. **Maisunifra**. Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/#6>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

DA RÓZ, A. L. et al. **Nanoestruturas: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

DE ASSIS, P. Memórias eternas. **Tecmundo**, 24 ago. 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/2638-memorias-eternas.htm>>. Acesso em: 2 fev. 2019.

DIAS, P. M. **Nanotecnologia: Curso de segurança química**. São Paulo. Fundacentro, 2016. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/Seq%20Quimica%20Nano%2012%202016.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

DOS SANTOS, J. C. F. Fenômenos ondulatórios. **Educação.globo**. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

ECYCLE. Novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano. **Ecycle**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/37-tecnologia-a-favor/1934-novas-nanoparticulas-absorvem-petroleo-das-profundeza-do-oceano.html>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

ELLWANGER, A. L. Conheça a camisinha do futuro feita em grafeno. **Nanociencianoensinobasico**, 2013. Disponível em: <<http://nanociencianoensinobasico.blogspot.com/2013/11/conheca-camisinha-do-futuro-feita-em.html>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

GLOBO.COM. Nanociência instiga cegos a serem cientistas. **G1**, ago. 2007. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL28252-5603,00-NANOCIENCIA+INSTIGA+CEGOS+A+SEREM+CIENTISTAS.html>>. Acesso em: 2 jan. 2019.

GLOBO.COM. Taça de 1.600 anos que muda de cor já usava princípios de nanotecnologia. **G1**, ago. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/08/taca-de-1600-anos-que-muda-de-cor-ja-usava-principios-de-nanotecnologia.html>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

JURNO, A. Nano o quê?. **Minasfazciencia**, 2016. Disponível em: <<http://minasfazciencia.com.br/2016/06/30/nano-o-que/>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

MACHADO, I. R. L, et al. Nanotubos de carbono: potencial de uso em medicina veterinária. **Ciência rural**. V. 44, n. 10 Santa Maria, out. 2014.

MELO, M. A. et al. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. **Química nova**. V. 35, n. 9, jul. 2012.

MOVING Atoms: Making The World's Smallest Movie. IBM. Realização de IBM. Nova Iorque: **IBM**, 2013. Son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=xA4QWwaweWA>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

MUDANÇA de cor do ouro. **Maisunifra**. Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/propriedades-oticas-em-nanociencia/#5>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

PASTRANA-MARTÍNEZ, L. M. et al. Nanotubos e grafeno: os primos mais jovens na família do carbono!. **Química** **128**, p. 21-27, 2013.

RAFAEL, P. O grafeno seria o futuro da informática?. **Viamais.net**. 2010. Disponível em: <<https://www.viamais.net/blog/o-grafeno-seria-o-futuro-da-informatica/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

RENDELUCCI, F. Alotropia - Oxigênio e ozônio, grafite e diamante, etc. **Educação.uol**. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/alotropia-oxigenio-e-ozonio-grafite-e-diamante-etc.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 2, n. 2, dez. 2002.

VEJA um Átomo! - Ponto em Comum no BláBláLogia 7. BláBláLogia. Youtube. 4 out. 2016. 4min49s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ilYwaAkW2Lk>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

VELOCIDADE de reação. **Maisunifra**. Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/#4>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V.; BISOGNIN, E. Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009**, Vitória, ES, 26 a 30 de janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/>>.