

## A lei de Ohm na ponta do lápis

**Jacques Cousteau da Silva Borges**

IFRN

cousteau@cefetrn.br

**Maxwell Pedro de Lima**

IFRN

maxwell@cefetrn.br

**Claudio Cesar de Medeiros Braga**

IFRN

claudio@cefetrn.br

### Resumo

Quando os professores falam de resistores elétricos, rapidamente referem-se à idéia de aquecimento, lembrando equipamentos como lâmpadas incandescentes ou chuveiros elétricos, embora, nem sempre relacionem a energia térmica com a energia elétrica. O presente trabalho descreve uma atividade experimental interdisciplinar em que os alunos relacionam grandezas tais como comprimento, massa, pureza e espessura de alguns grafites utilizados no cotidiano escolar com a intensidade de corrente, resistência e aquecimento. A atividade envolve a aplicação de uma tensão em um circuito, no qual os resistores são diferentes grafites em seu comprimento padrão, com várias espessuras (0.5, 0.7 e 0.9 mm) e durezas (2B, B, HB), com o objetivo de relacionar como a estrutura, dureza, espessura e comprimento dos materiais interferem na condução de eletricidade e calor, relacionando conceitos físicos e químicos. Dessa forma, enfatiza-se que um fenômeno não pode ser analisado isoladamente, mas sim, em conjunto com as demais disciplinas.

**Palavras-Chaves:** Ensino de Física, Química, Leis de Ohm, interdisciplinaridade, Experimentos de ciência.

### Ohm's Law: an experiment with pencil leads

#### Abstract

When teachers discuss electrical resistors they connect, they connect it to the idea of heating, recalling equipment such as light bulbs or electric showers, yet seldom relate heat with electric energy. This paper describes an experimental interdisciplinary activity in which students associate quantities such as length, weight, purity and thickness of graphite leads used in everyday school life, with physical concepts such as current intensity, resistance and heating. The activity involves a circuit, with a power source of variable voltage, where the resistors are different graphite leads of standard length, with various thicknesses (0.5, 0.7 and 0.9 mm) and hardness (2B, B, HB). The purpose is to observe how the graphite structure and chemical and physical properties, hardness, thickness and length of the material are related to conduction of electricity and heat. It is emphasized that the phenomenon can not be analyzed independently, but needs to be presented with concepts discussed in other subjects.

**Keywords:** Teaching of Physics, Chemistry, Ohm's Law, interdisciplinary, science experiments.

### 1. Introdução

Ao entrar na escola, os alunos se deparam com um currículo que apresenta muitas disciplinas, que aparentemente nada têm a ver com a sua vida cotidiana. Logo ecoam dos estudantes perguntas como: "Eu vou estudar isso para quê?"; ...,mas, para que serve este assunto?";

“...é possível ver isto na prática?. E de certa forma eles não estão errados, pois é de responsabilidade dos professores mostrar que isso não é verdade! As disciplinas como Física, Química e Biologia estão presentes na vida deles a todo o momento. Bastará olhar para o mundo a sua volta com olhar ‘científico’, para que eles perceberem que os fenômenos naturais interagem de forma organizada, obedecendo as leis Físicas, Químicas e Biológicas que lhes são ensinadas e poderá assim notar que essas ciências estão interligadas. Ao incluir o homem nesse contexto, ampliamos ainda mais o nosso horizonte, pois passamos a perceber a influência e também as necessidades de compreender os conteúdos de História, Geografia, Sociologia, Filosofia, etc.. Porém, se não houver interesse, por parte dos professores, de trazer à tona a interatividade entre as disciplinas, bem como a contextualização com o cotidiano, as ciências serão vistas de forma estanque, isoladas uma da outra, e mesmo até da própria ciência! Citamos como exemplos, a Termodinâmica que se estuda na Física, não é relacionada com a eletricidade; as estruturas cristalinas estudadas na Química são diferentes das que são apresentadas nos estudos termoquímicos.

A importância da compreensão desses fenômenos é observada já na formação de crianças entre 10 e 12 anos, onde a Física e Química desempenham um papel fundamental, pois grande parte dos questionamentos dos alunos sobre o seu dia-a-dia é discutida a partir dos conceitos da Física, sendo necessário, portanto, que os educadores do nível fundamental também conheçam os fundamentos desta ciência (PAIXÃO, 2006).

A Física e a Química são ciências de caráter experimental e, segundo BORGES e ALBINO (2007) “elas estão sujeitas não apenas a cálculos, formulas e simulações numéricas [...]”. Estão sujeitas também a pesquisa no campo da investigação experimental”. Portanto, seu ensino deve conter recursos que viabilizem a prática experimental em sala de aula. Em relação ao ensino de Física no Nível Médio, os parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) propõem um currículo

baseado no domínio de competências básicas e que tenham vínculo com as diversas situações do cotidiano dos alunos, buscando dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização dos conteúdos trabalhados em sala de aula (ROMANO, 2004).

Lembrando que é proposta pedagógica dos PCN “aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida” (MEC, 2000, p 96), e segundo Castro et al. (2003): “[...] Assim, enquanto educadores, devemos romper com uma diretriz de conteúdo estanque, trazendo cada vez mais para a sala de aula temas modernos, mais próximos da realidade dos alunos [...]”. Como pode se inferir, esses conteúdos devem ser trabalhados de forma prática, focados no cotidiano. Porém, a carência de material prático nas salas de aula, principalmente de escolas públicas, dificulta muito essa abordagem. Por isso propomos neste trabalho a utilização de um material que se encontra ao alcance dos alunos: o lápis grafite ou lapiseira. Esse conteúdo pode ser trabalhado de forma multi e interdisciplinar, levando os conteúdos de Física e Química para a sala de aula.

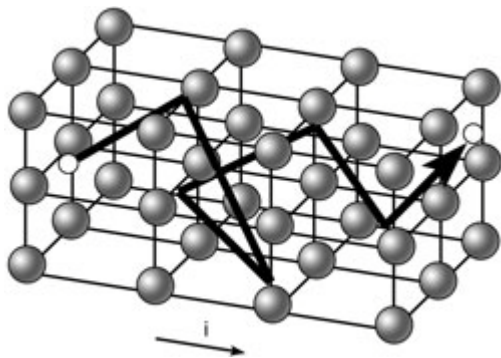
A proposta é apresentar conceitos que relacionam a estrutura cristalina da matéria, a organização atômica, (por que o grafite é menos duro que o diamante, sendo eles constituídos do mesmo material?) e impurezas dos materiais, que têm influência direta na qualidade da escrita e do desenho, já que existem diversos tipos de grafite, que aqui serão trabalhados, como tipos HB, B e 2B. Poderemos responder perguntas como: Qual é o melhor para escrever? O que diferencia um do outro?

Com o grafite do lápis, também é possível explorar conteúdos da eletricidade como a lei de Ohm, observando como varia a resistividade dos grafites, ao se modificar seu diâmetro. Modificando o tipo de grafite utilizado, há também mudança na resistência do mesmo.

## 2. A lei de Ohm

No estudo da física dos condutores elétricos podemos interpretar a *resistividade* de um material como a propriedade específica que dificulta a passagem da corrente elétrica. A lei de Ohm é a lei da eletricidade que descreve o comportamento da resistividade dos materiais.

Quando maior sua resistividade, mais difícil será a passagem de corrente elétrica pelo condutor. Para compreender como isso acontece podemos utilizar o modelo clássico de condução de eletricidade nos metais que trata os elétrons de condução como partículas 'livres', orientadas por um campo elétrico, que se estabelece devido à diferença de potencial aplicada. Esses elétrons colidem com os átomos constituintes da estrutura cristalina do elemento metálico, mas 'aos poucos' conseguem percorrer o material. A Figura 1 mostra uma estrutura cristalina com um elétron se movimentando através das colisões com seus átomos.



**Figura 1-** A bolinha branca representa um elétron 'livre' que se movimenta como indicado pela linha preta na rede cristalina.

As colisões entre os elétrons livres e os átomos da rede cristalina provocam aquecimento. Quanto maior a corrente elétrica, maior o número de elétrons em colisão, e conseqüentemente maior será o aquecimento.

Embora essa explicação não seja condizente com o modelo quântico atual, ela é suficiente para entendermos a lei de Ohm e o comportamento da corrente elétrica.

Para explicar melhor a condução da corrente elétrica temos que levar em conta os seguintes fatores:

1. A organização da rede cristalina.
2. As dimensões da rede.
3. O grau de agitação da rede cristalina.

Quanto mais organizada a rede, mais fácil é o elétron (Figura 1) passar por ela, logo menor a resistência elétrica. A organização da rede esta relacionada com o tipo de elemento que a constitui (ferro, cobre, plástico...) e cada material tem um coeficiente de resistividade  $\rho$  específico.

O tamanho (dimensões) da rede também influencia a resistência de um condutor. Assim uma rede mais curta ( $L$ ) e com seção transversal maior ( $S$ ) apresentará melhor condução.

A Lei de Ohm que relaciona a resistividade do material às suas dimensões é:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad [\text{Eq. 1}]$$

O grau de agitação da rede está relacionado à sua temperatura, por tanto quanto maior seja esta, maior será o grau de agitação dos átomos que oferecem maior dificuldade à passagem de corrente elétrica. Podemos assim explicar porque a resistência elétrica dos elementos metálicos depende da temperatura e aumenta com o aumento da temperatura.

Para materiais ôhmicos, ou seja, para a maioria dos metais, a lei de Ohm também pode ser escrita através da definição de resistência elétrica, que é dada pela razão entre a tensão elétrica  $V$  e a corrente elétrica  $I$  estabelecida no condutor:

$$R = \frac{V}{I} \quad [\text{Eq. 2}]$$

## 2.1 Efeito Joule

Uma conseqüência do movimento dos elétrons em uma rede cristalina é seu aquecimento. Este aquecimento é uma das principais características dos resistores, quando submetidos a uma diferença de potencial, pois praticamente toda a energia fornecida ao resistor será convertida em calor. Define-se a potência  $P$  (= energia/unidade de tempo) dissipada num elemento resistivo de resistência  $R$  percorrido por uma corrente  $i$ , como sendo:

$$P = R \cdot i^2 \quad [\text{Eq. 3}]$$

Esse efeito térmico da corrente elétrica, denominado efeito Joule, é inseparável da sua causa, isto é, quando há passagem de corrente, há sempre aquecimento.

## 2.2 Propriedades e estrutura do grafite

O grafite é uma das formas **alotrópicas** do carbono, tal como o carvão e o diamante. O grafite pode ser obtido na sua forma natural ou sintetizado no laboratório, apresentando a mesma estrutura cristalina, porém com tamanho de cristalitos variados e diferentes propriedades físicas e químicas devido às impurezas presentes. O grafite é um excelente condutor de calor e eletricidade e exibe resistência ao ataque químico, ao choque térmico e baixa molhabilidade por vidros e metais (exceto aço e ferro fundido) a altas temperaturas. Além disso, é compressível, maleável e altamente refratário em atmosfera inerte, com um ponto de fusão de aproximadamente 3650 °C. Essas características tornam o grafite um material com grande potencial para aplicações refratárias. Entretanto, a alta estabilidade térmica do grafite dificulta a mobilidade dos átomos de sua estrutura cristalina, não sendo possível sua sinterização sob condições normais de

processamento. O grafite normalmente apresenta uma estrutura cristalina na forma hexagonal, mas pequenas proporções da forma romboédrica (Figura 3) também podem ser encontradas em grafites naturais, mostradas nas Figuras 2 e 3. Em ambas as formas, o cristalito de grafite é constituído por camadas ou planos paralelos hexagonais condensados, com cada átomo de carbono ligado a três átomos de carbonos vizinhos num ângulo de 120°. A pequena distância entre átomos vizinhos na mesma camada é uma conseqüência da forte ligação de caráter covalente entre eles. Por outro lado, a ligação entre átomos de camadas paralelas é fraca em virtude da atuação predominante de forças secundárias de van der Waals. (OLIVEIRA, 2007)

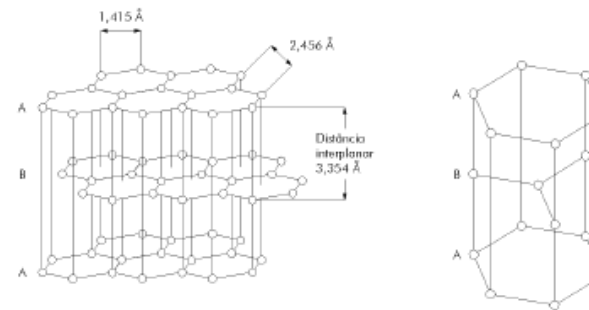


Figura 2 - Forma hexagonal do grafite

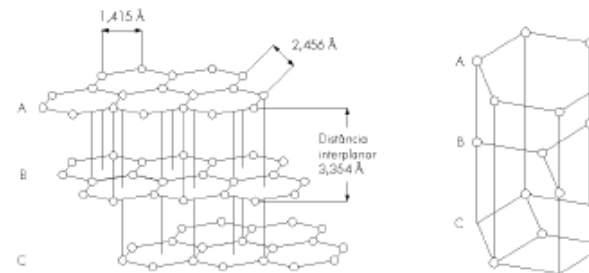


Figura 3 - Forma romboédrica do grafite

Utilizaremos neste trabalho grafites de uso comum, utilizados em lápis e lapiseiras, com o objetivo de mostrar as características dos diferentes tipos de pontas de grafite.

Os grafites comerciais são classificados de acordo com dois critérios: a graduação de sua dureza e o diâmetro. O diâmetro é a espessura do grafite, e os valores mais utilizados variam de 0,5mm a 1,0 mm. Existem ainda grafites com diâmetros especiais, para aplicações específicas, como, por exemplo, 0,3mm, utilizadas no desenho técnico, sendo o de 5,0mm usado para desenho artístico. A graduação (Figura 4) indica o grau de dureza e de intensidade de preto do grafite, ou seja, quando escreve mais escuro é macio e quando a escrita é mais clara é duro. Existem 14 graduações diferentes, que vão do 6B até o 6H, em que por H entende-se *Hard* (duro em inglês) uma mina dura, por B entende-se *Brand* ou *Black* uma mina macia ou preta e por HB entende-se *Hard/Brand* uma mina de dureza média. Os grafites que proporcionam traço mais escuro e macio (B) são indicados para desenho artístico, sombreados e esboços em geral. Os grafites que possuem traço médio (HB) são ideais para escrita e desenho. Já os grafites mais claros e duros (H), são indicados para desenhos técnicos e uso em papel vegetal e poliéster (ROCHA, 2005).

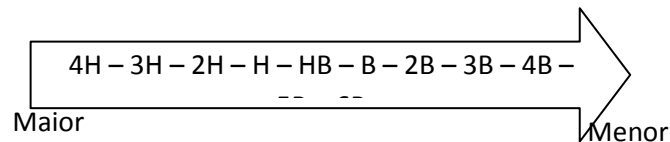


Figura 4 - Graduação da dureza do grafite.

### 3. Metodologia

Neste trabalho, as **pontas** de grafites (rodizadas por um mesmo fabricante (Faber-Castell foram selecionadas conforme seu grau de

dureza e diâmetro e as medidas foram feitas sob as mesmas condições.

As medições de tensão, corrente e resistência elétrica, para verificação da lei de Ohm, com as pontas de grafite como resistores foram feitas com um multímetro da marca *Gubintec* Modelo 5770A, com incerteza de  $\pm 0,50\Omega$ . As medidas foram feitas aplicando -se às amostras uma diferença de potencial  $V$ , controlada pela fonte de tensão variável e medindo a corrente ( $I$ ), para cada valor da tensão elétrica aplicada ( $V$ ).

A caracterização dos grafites também foi feita levando-se em conta sua massa  $M$ , para os diferentes tipos, utilizando-se uma balança de precisão (0,1 mg). O valor médio da massa foi determinado medindo-se 5 pontas de cada tipo. A observação em microscópio óptico de dois riscos de grafites HB e 2B, foi feita com um aumento de 50X (Figura 7).

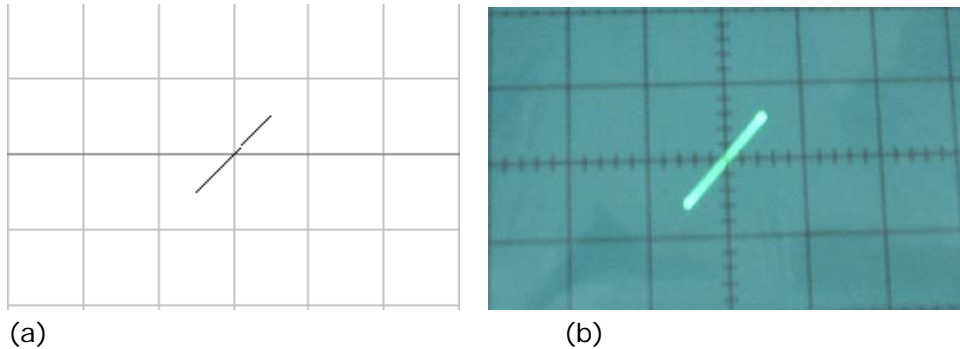
### 4. Resultados

No Laboratório de Física, as pontas de grafite selecionadas foram empregadas como elementos resistivos em um circuito, medindo valores de tensão e corrente, com o objetivo determinar experimentalmente sua resistividade a partir da equação 1 (p.4). A resistência elétrica foi medida a temperatura ambiente  $a$  e pela Eq. 2 (p. 4), foi possível obter os valores de resistividade, e seu comportamento em função da geometria das pontas do grafite. Foram também realizadas medições de massa/volume, com a finalidade de caracterizar o material, em função das diferentes durezas observadas. Os dados obtidos e procedimentos são descritos a seguir.

#### 4.1 Verificação da Lei de Ohm $R = V/I$

Um modelo teórico do resistor de grafite foi simulado no programa *Eletronics Workbench* – versão para estudantes. O grafite foi modelado

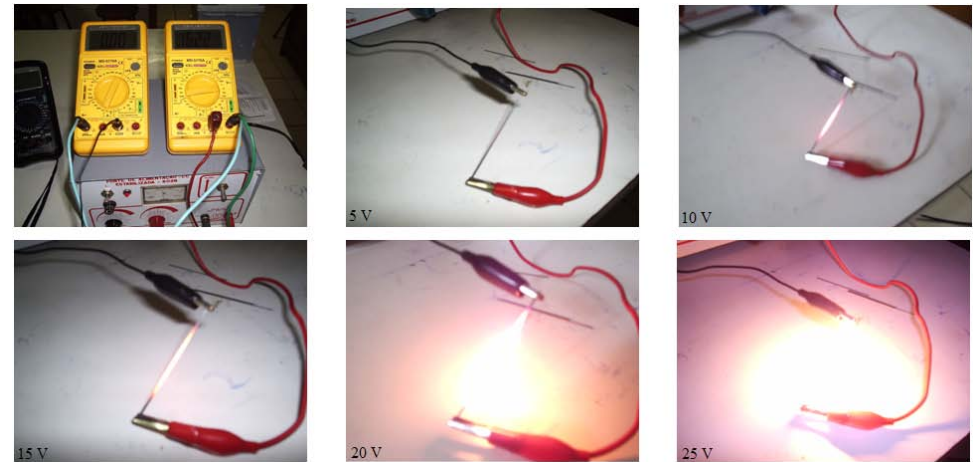
como um resistor e na tela do osciloscópio do programa esse elemento mostrou um comportamento linear, como apresentado no gráfico da Figura 5a. Ao realizar o experimento em sala de aula com um osciloscópio<sup>1</sup>, pode-se também observar que a representação gráfica da **corrente x tensão** tem comportamento linear, Fig 5(b).



**Figura 5** – Gráfico da (Corrente x Tensão) para uma ponta de grafite:

(a) simulação e (b) experimento, utilizando as mesmas escalas de medida.

A Figura 6 mostra os instrumentos de medida utilizados para determinar os valores de tensão e da corrente. A tensão aplicada foi aumentada em 5V em sentido horário como indicado nas figuras, tornando evidente os efeitos de aquecimento devido a passagem da corrente elétrica pelo grafite (demonstração do efeito Joule).



**Figura 6** - Multímetros e fonte de tensão e etapas do aquecimento de uma ponta de grafite submetida a d.d.p. crescente.

Observa-se nos quadros da Figura 6 que quando a corrente no circuito aumenta, a partir de 15A o grafite torna-se incandescente, semelhante à luz emitida por um filamento de tungstênio, o que poderá gerar uma boa discussão sobre o fenômeno observado em sala de aula.

#### 4.2 Lei de Ohm $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$

Para obter os valores de resistência dos grafites, realizaram-se medições diretas com o multímetro, na escala de resistência (fundo de escala de  $200\Omega$ , precisão de  $\pm 0,5 \Omega$ ). A Tabela 1 apresenta os valores da resistência do grafite tipo HB com os valores das resistências dos grafites de diâmetros diferentes como previstas pela lei de Ohm.

<sup>1</sup> Caso não tenha acesso a um osciloscópio, recomendamos a leitura das referências MONTARROYOS e MAGNO (2001) e HAAG (2001), que utilizam a placa de som de um computador como osciloscópio, funcionando adequadamente para as aplicações descritas neste trabalho.

**Tabela 1** - Resistência das pontas tipo HB de diferentes diâmetros e mesmo comprimento e dureza

Tipo HB	Diâmetro da ponta L = 6cm mm		
	0.5	0.7	0.9
Resistência ( $\Omega$ )	82	40	32

Como esperado, o valor da resistência diminui à medida que aumenta o diâmetro das pontas. A partir desses dados é possível determinar a resistividade do grafite pela Equação 1. Para determinar o valor de  $\rho$ , basta isolar-lo na equação, e substituir os valores de R, A e L (6 cm). A resistividade determinada  $\rho = 1,5 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$  para o grafite tipo HP consistente com os valores obtidos em outros trabalhos didáticos (LABURÚ, 2003).

Este valor de resistividade é válido apenas para o grafite tipo HB, como mostra a Tabela 2, onde são apresentados os diferentes valores da resistividades para grafites de 0,9 mm de diâmetro e diferentes durezas, mostrando assim que a resistência elétrica é determinada pelo tipo do grafite (ou grau de dureza) utilizado:

**Tabela 2** – Resistências: para diferentes durezas e mesmo diâmetro e comprimento a temperatura constante

Diâmetro	Tipo		
	HB	B	2B
D=0.9 mm L= 6cm	86 $\Omega$	48 $\Omega$	32 $\Omega$

Lembramos que a resistência elétrica de um dado material é também função da temperatura, por isso, os valores de resistência elétrica acima registrados são válidos a uma temperatura  $T=25^\circ C$ , temperatura ambiente do laboratório onde foram realizadas as medidas.

### 4.3 Relação dureza x densidade

A medida da massa dos grafites registrada abaixo mostra que estes possuem diferentes densidades, que depende de se grau de dureza. A densidade aumenta à medida que a dureza aumenta. Os valores para a massa média, dos grafites, de diâmetro  $D= 0,7$  mm e comprimento  $L=6$  cm são:

- Tipo HB:  $M_{m\u00e9dia} = 0,048g$
- Tipo B:  $M_{m\u00e9dia} = 0,042g$
- Tipo 2B:  $M_{m\u00e9dia} = 0,039g$

Pode se calcular a massa especifica de cada tipo de grafite. O cálculo para o grafite tipo 2B é mostrado a seguir:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

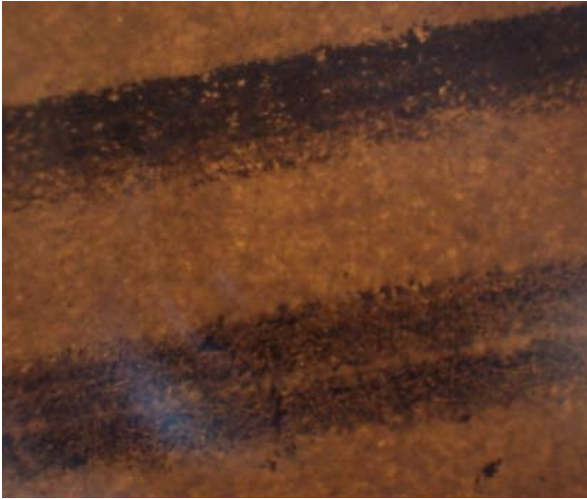
$$\rho_{2B} = \frac{m_{2B}}{V}$$

$$\rho_{2B} = \frac{m_{2B}}{\pi \cdot r^2 \cdot l}$$

$$\rho_{2B} = \frac{0,039g}{\pi \cdot (0,035cm)^2 \cdot 6cm}$$

$$\rho_{2B} = 1689 \frac{Kg}{m^3}$$

A diferença de densidade se reflete ao escrever, como é possível perceber na Figura 7:



**Figura 7** - Rabiscos de grafite 2B (topo) e HB observadas com microscópio óptico com aumento de 50X.

Foram feitos riscos com o comprimento de 2 cm com auxílio de uma régua, observou-se que o risco feito com ponta 2B cobre uma área muito maior que o risco feito com ponta HB, embora a olho nu, os dois riscos pareçam cobrir a mesma área. Como a separação dos planos de átomos de carbono no grafite é da ordem de 0,34 nm, é possível estimar o número de átomos de grafites que constituem o risco no caso mostrado na figura, pontas HB ou 2B. SCHULZ (2007) realizou experiência semelhante (medindo a resistência de um risco de grafite) e encontrou o valor de 17 nm para a espessura de um risco de grafite. Agora sabemos que a resistência do grafite muda conforme a sua dureza, mudando assim o número de átomos que são utilizados na escrita das letras e palavras do nosso dia a dia.

### Conclusões

Podemos perceber que a utilização do grafite dos lápis ou lapiseiras permite explorar conteúdos tanto de Física quanto a partir da estrutura química do carbono que apresenta formas [alotrópicas](#). É surpreendente que o C seja uma das substâncias mais frágeis e baratas, quando se apresenta como [grafite](#) e uma das substâncias mais duras e caras como [diamante](#). Além do assunto apresentado neste artigo, podemos ainda abordar outros conteúdos, tais como, cristalografia, práticas com capacitores e outros dispositivos elétrico-eletrônicos. Com a realização desta prática em sala de aula, ganhamos a atenção dos alunos, que se mostraram interessados e de forma fácil compreenderam os conteúdos abordados, e poderão repetir os experimentos em casa, já que o material utilizado para a execução da prática como a ponta grafite é um recurso barato e acessível a todos. Desse modo, apresentamos a ciência de uma forma simples e lúdica, sugerindo momentos de dúvida e reflexão, que exigem um olhar crítico e científico por parte dos alunos quando ao observar o fenômeno são capazes de formular questões que em aulas puramente teóricas não seriam possivelmente formuladas.

### Agradecimentos

Agradecemos à Pro-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFRN e ao Departamento de Educação e Ciências, pelo incentivo às pesquisas em Ensino de Ciências.

Agradecemos também aos árbitros que muito contribuíram com sugestões e melhorias.



## Referências bibliográficas

BORGES, J. C. S., ALBINO JUNIOR, A., **A MOSTRA ANUAL DE FÍSICA DO RN: Ciência acessível a todos**. Revista Holos (Online), v.3, p.16 - 25, 2007.

CASTRO, Ronaldo A. de; CORREIA Filho, João A.; GONÇALVES, Heitor A., **A inserção da física moderna no ensino médio**, in: XV Simpósio Nacional do Ensino de Física, p 1780 – 1789, 2003.

GRAF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física; **Leituras de Física: Mecânica**. Instituto de Física da USP, 140p, 1998

HAAG, Rafael. Utilizando a Placa de Som do Micro PC no Laboratório Didático de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 23, n.2, Jun, 2001

LABURÚ, Carlos Eduardo; SILVA, Osmar Henrique Moura. Reostatos de grafite (um experimento simples e de baixo custo). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n 2, Jul/Dez 2003

MONTARROYOS, Erivaldo; MAGNO, Victor C.. Aquisição de Dados com a Placa de Som do Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 23, n.1, p 57-62, mar. 2001

OLIVEIRA I. R. de, STUDART A. R., SILVA JÚNIOR. PANDOLFELLI E F. A., V. C, Estabilização de suspensões aquosas contendo grafite, **Revista Cerâmica**, v. 46, n 300, ago, 2007.

PAIXÃO, Maria de Fátima. **Física na formação de professores do ensino básico**: estratégia centrada na interpretação de fenômenos do dia a dia. Disponível em:

<http://webpages.ull.es/users/apice/pdf/342098.pdf>. Acessado em 28 de outubro de 2006.

ROCHA FILHO, João Bernardes da, e et al, Construção de Capacitores de Grafite sobre Papel, Copos e Garrafas Plásticas, e Medida de Suas Capacitâncias. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3: p. 400-415, dez. 2005.

ROMANO, Jair Carlos. **Governo do Estado do Rio Grande do Norte: Ensino Médio de qualidade**. Física. Natal: Sistema de Ensino Holos, 2004.

SCHULZ Peter A. B., Nanociência de baixo custo, **Revista Física na Escola**, v. 8, n. 1, p 6, 2007.

## Sobre os autores

Jacques Cousteau da Silva Borges é graduado em licenciatura em Física pelo IFRN (antigo CEFET-RN) e mestrado em Eng<sup>a</sup> Mecânica na Área de Termociências pela UFRN. Atualmente é professor do curso de Física do IFRN – Campus João Câmara. Tem experiência na área de Física Experimental, atuando na produção de objetos educacionais para o ensino de Física

Maxwell Pedro de Lima é graduado em Licenciatura em Química pela UECE, e é mestrando em Química pela UFRN. Formado no Curso Técnico em Química Industrial pelo IFCE (Antigo CEFET-CE), atual como técnico de laboratório em química do IFRN, atuando na área de Análises Ambientais e Ensino de Química.

Claudio Cesar de Medeiros Braga é Bacharel e Mestre em Química e pela UFRN. Atualmente é Professor do IFRN (Antigo CEFET-RN). Possui experiência na área de Química nos seguintes temas: polarizabilidades



eletrônicas, força do oscilador, intensidades espectrais, desenvolvimento de novos materiais, ensino de química, desenvolvimento de Instrumentos para Laboratório numa visão interdisciplinar.