

## UTILIZAÇÃO DE UM ADSORVENTE NANOMÉTRICO A BASE DE GRAFENO APLICADO AO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA

## USE OF A GRAPHENE-BASED NANOMETRIC ADSORBENT AT THE HIGH SCHOOL OF CHEMISTRY

**<sup>1</sup>Maria Suely Costa da Câmara**

Doutora em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco-Unidade Acadêmica de Serra Talhada

**<sup>2</sup>Joana D`arc de Souza Barros**

Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

**<sup>3</sup>Romero Barbosa de Assis Filho**

Doutorado em Engenharia Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

**<sup>4</sup>Fabiola Maria Sobreira Alves de Carvalho**

Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

**Contato autor principal:**

[maria.sccamara@ufrpe.br](mailto:maria.sccamara@ufrpe.br)

## UTILIZAÇÃO DE UM ADSORVENTE NANOMÉTRICO A BASE DE GRAFENO APLICADO AO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA

### USE OF A GRAPHENE-BASED NANOMETRIC ADSORBENT AT THE HIGH SCHOOL OF CHEMISTRY

<sup>1</sup>Maria Suely Costa da Câmara; <sup>2</sup>Joana D'arc de Souza Barros; <sup>3</sup>Romero Barbosa de Assis Filho;  
<sup>4</sup>Fabiola Maria Sobreira Alves de Carvalho

#### RESUMO

Os conteúdos de Química precisam estar centrados em temas de relevância social para que os mesmos tenham direcionamentos inovadores na aprendizagem dos discentes. A Nanotecnologia manipula estruturas atômicas e moleculares na escala nanométrica e vem revolucionando a forma como vivemos. O presente trabalho consiste em uma proposta de inserção de temas atuais como a Nanociência e Nanotecnologia no ensino de Química através da aplicação de um material adsorvente nanométrico a base de grafeno. Para atender a esse propósito foram aplicadas diferentes atividades através de vídeos, de aulas expositivas, atividades experimentais e produções textuais. O trabalho foi desenvolvido com um público alvo de 36 alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma Escola Estadual, na cidade de São José do Belmonte – PE. A produção textual como ferramenta de avaliação mostrou-se eficiente, porém fica claro que os textos científicos devem estar presentes nas aulas com maior constância. O adsorvente nanométrico demonstrou-se eficaz na abordagem da nanotecnologia em sala de aula. O óxido de grafeno deixou incolor a solução de azul de metileno tornando-se uma técnica de baixo custo e inovadora na química, que atrelada ao ensino poderá contribuir para uma aprendizagem significativa.

**Palavras-chave:** adsorvente nanométrico, baixo custo, ensino de química, nanotecnologia.

#### ABSTRACT

The contents of Chemistry need to be centered on themes of social relevance so that they have innovative directions in the students' learning. Nanotechnology manipulates atomic and molecular structures on the nanoscale and revolutionizes the way we live. The present work consists of a proposal of insertion of current topics such as Nanoscience and Nanotechnology in the teaching of Chemistry through the application of a nanometric adsorbent material based on graphene. To meet this purpose were applied different activities through videos, expository classes, experimental activities and textual productions. The work was developed with a target audience of 36 second year high school students from a State School, in the city of São José do Belmonte - PE. Textual production as an evaluation tool proved to be efficient, but it is clear that scientific texts must be present in the classes with greater constancy. The nanometric adsorbent has been shown to be effective in the approach to nanotechnology in the classroom. Graphene oxide has rendered the methylene blue solution colorless, making it a low-cost and innovative technique in chemistry, which, when linked to teaching, can contribute to meaningful learning.

**Key words:** *chemistry teaching, low-cost, nanometric adsorbent, nanotechnology.*

## INTRODUÇÃO

O ensino de Química deve contribuir para educação do aluno de forma a ajudar na construção do conhecimento. No entanto, muitas vezes exhibe falhas contribuindo para que os alunos apresentem dificuldades de aprendizagem e não percebam a importância dos conteúdos ministrados.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, PCNs+ (BRASIL, 2002) uma das finalidades do ensino de Química é desenvolver estratégias centradas na resolução de problemas visando uma aprendizagem de conceitos químicos ligados à realidade natural, social e cultural e como forma de aproximar os alunos de atividades de investigação científica desenvolvidas no contexto escolar.

Apesar da existência de recursos tecnológicos como computadores, celulares, mp3, entre outros, onde a maioria deles faz parte do dia a dia dos alunos, muitos professores ainda resistem ao uso dessas tecnologias em sala de aula (LIMA & ALMEIDA, 2012).

Os avanços tecnológicos, como a Nanotecnologia, por exemplo, poderiam ser trabalhados em sala como forma de aproximar esses recursos da realidade vivida pelos educandos. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs) propõem a inclusão de temas relevantes como este nos currículos escolares. Assim, ao tratar de assuntos inovadores, a escola cumprirá com o seu papel, para uma melhor formação dos estudantes (BRASIL, 2000).

Ao inserir temas atuais, o professor induz o estudante a pensar e interpretar sobre diferentes fenômenos do mundo que os cerca. Compreender a importância da Nanotecnologia, suas potencialidades e impactos ambientais, pode ser muito interessante, considerando que esta área da ciência promete revolucionar o modo como vivemos.

Assim, os conteúdos de Química no Ensino Médio poderão estar centrados em temas de importância social para que os mesmos possam proporcionar maior significado na aprendizagem dos alunos. A formação para o exercício pleno da cidadania remete a uma alfabetização científica eficaz refletida na consciência Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que indica a necessidade de descobrir os conhecimentos sob um caráter mais amplo, tanto no âmbito tecnológico como no científico, contribuindo para que os discentes construam uma nova visão ao observar em sociedade e passar a participar criticamente dela (TEIXEIRA, 2013).

Atualmente os avanços e efeitos pesquisados pelos campos da Nanociência e da

Nanotecnologia (N&N) influenciam o cotidiano das pessoas, porém, as escolas apresentam dificuldades em abordar esses temas, sobre uma metodologia de ensino de N&N baseada em atividades experimentais.

Os alunos em formação na modalidade do Ensino Básico apresentam curiosidade em relação aos assuntos que são abordados pela mídia, mas como esses temas são raramente trabalhados na sala de aula, nota-se uma desmotivação em grande parte dos alunos. Assim, a proposta de abordar a Nanociência e a Nanotecnologia no Ensino Médio, neste trabalho, visa minimizar este quadro, uma vez que traz tópicos instigadores que poderão ser abordados na sala de aula de maneira didática.

Espera-se que Nanotecnologia aplicada ao ensino de Química possa proporcionar um melhor aprendizado aos discentes, a partir da utilização de experimentos simples e de baixo custo como o adsorvente nanométrico à base de grafeno, onde os alunos terão uma visão mais ampla das aplicabilidades da desta área da ciência e como a mesma pode ser inserida de forma prazerosa nas aulas de Química.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Alfabetização Científica e Técnica**

Repensar a atual forma de ensino nas escolas de educação básica, em especial o ensino de Química, onde os alunos são estimulados apenas a memorizar conceitos é imprescindível. Isso resulta a necessidade de tornar esses conteúdos dotados de significado, tornando-os úteis à vida do aluno, e do mesmo modo, colaborar para se discutir a relevância e o papel da Ciência e da Tecnologia na sociedade, como um fator importante dentro do cenário atual.

É neste contexto que a proposta de Alfabetização Científica e Técnica (ACT) se insere de modo a formar indivíduos capazes de entender fenômenos naturais básicos e interpretar informações relacionadas à Ciência e a Tecnologia, dentro de uma perspectiva que seja possível tomar posições frente a estes assuntos.

O ensino de Ciências é um tema bastante discutido na sociedade devido à importância do conhecimento científico para a formação de cidadãos críticos. Segundo Fourez (2003, p.111) “o tema alfabetização científica e técnica designa um tipo de saber, de capacidade ou de conhecimento e de saber-se que, em nosso mundo técnico-científico, seria uma contraparte ao que foi alfabetização no último século”.

Assim, a educação científica precisa ser vista sob uma nova perspectiva. No lugar de

desenvolver um currículo voltado para um amontoado de matérias e preso aos paradigmas próprios de cada disciplina, o autor sugere que os alunos participem de atividades nas quais se objetiva a construção de um projeto envolvendo os conhecimentos disponíveis, oriundos das diversas áreas da educação formal ou do saber popular.

O aluno precisa saber o que está estudando e como esse estudo pode estar vinculado no seu dia a dia. Não basta apenas decorar teorias e modelos é necessário interpretar tais fenômenos dentro do aspecto social, político e ambiental. Os PCNs descrevem que o desenvolvimento cognitivo dos alunos deve ser diretamente ligado assuntos relacionados ao seu cotidiano. A formação do aluno deve ter como objetivo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação. Propõe-se, no nível do Ensino Médio, uma formação geral, em oposição a formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização (BRASIL, 2000).

Para Chassot (2003<sup>a</sup>, p.30) apud Milaré; Richetti & Pinho Alves (2009), ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza”, uma vez que considera a Ciência como uma linguagem construída pelos humanos para explicar o mundo natural. É desejável que o alfabetizado cientificamente entenda a necessidade de transformação do mundo e o faça para melhor.

Para o autor, a Alfabetização Científica também possui uma dimensão na promoção da inclusão social, pois não basta compreender a Ciência é necessário que ela se torne “facilitadora do estar fazendo parte do mundo” Chassot (2003b, p.93) apud Milaré; Richetti & Pinho Alves (2009).

Então, alfabetizar cidadãos científica e tecnicamente vai além do atual modelo de ensino que é ministrado nas escolas. É instigar o aluno ao novo, estimular a pensar criticamente.

### **Nanociência e Nanotecnologia & Contexto Educacional**

O termo Nanociência foi proposto pela primeira vez em 1959 por Richard Feynman, no Instituto de Tecnologia da Califórnia em 29 de dezembro de 1959. O título de sua palestra foi “*There is plenty of room at the bottom*” que significa “Há muito mais espaço lá embaixo”. Feynman chamava a atenção para o fato de que, na dimensão atômica se está trabalhando com leis diferentes e, assim, devem ser esperados novos efeitos e novas possibilidades (DURAN &

AZEVEDO, 2012).

Segundo Toma (2009) a Nanotecnologia está associada com a manipulação de estruturas atômicas moleculares, em escala industrial que estão presentes em uma escala que corresponde a um bilionésimo de metro ( $10^{-9}\text{m}$ ), denominada “nano”, e o seu desenvolvimento se deu graças ao microscópico de tunelamento.

A Nanociência é entendida como uma área de conhecimento de pesquisas e implementações nanotecnológicas, e por ser multidisciplinar, abrange os campos da Engenharia, Física, Química, Biologia, Eletrônica, Computação e Medicina. O termo é utilizado para descrever um campo interdisciplinar da ciência voltado para o avanço da tecnologia (REBELO et.al., 2012).

O ensino perpassa por múltiplas áreas de conhecimento. Deste modo, a Nanociência permite conexões entre as diversas áreas das ciências, em especial, a Física e a Química, no entanto essa ciência é desenvolvida em laboratórios demasiadamente sofisticados e caros. Tais associações criam barreiras à predisposição de crianças, jovens e adultos e leigos em aprender sobre um tema que faz parte da vida diária das pessoas através de equipamentos práticos e de baixo custo, como o descrito nesse trabalho (REBELO, et.al., 2012).

Dessa forma, é importante que a escola não se afaste das abordagens ligadas à CTS, devendo assim, encontrar meios para promover e contextualizar em suas propostas pedagógicas, tais abordagens. Mas, que questões seriam essas? E como os professores poderiam trabalhar com seus alunos?

Temas ligados ao Ensino Médio, numa abordagem CTS como saúde, água, recursos energéticos e industriais, tecnologia, entre outros, onde as práticas pedagógicas vinculem as relações entre os conteúdos e a realidade pode tornar o conhecimento mais significativo e não puramente “vazio”.

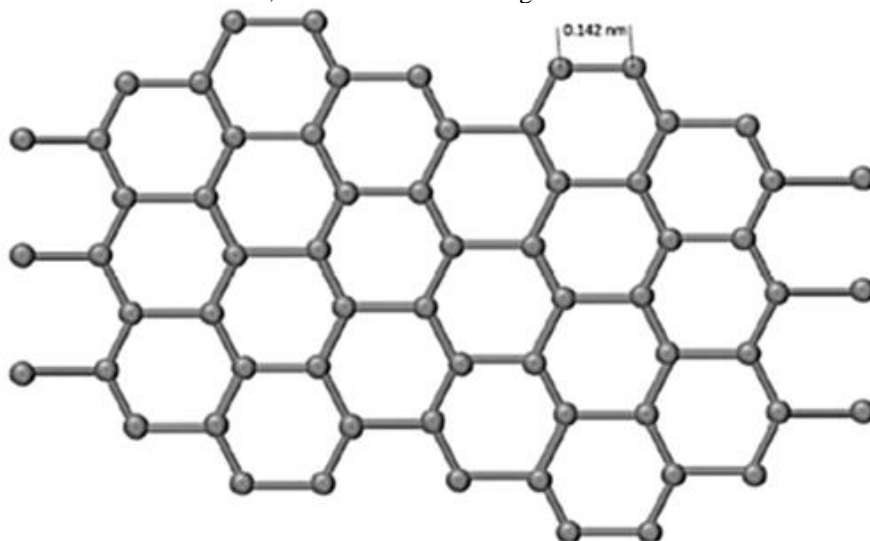
### **Grafeno: uma Revolução Tecnológica**

O carbono é um dos elementos mais versáteis da natureza, capaz de se organizar em diferentes disposições na escala nanométrica originando uma variedade de estruturas estáveis com configurações atômicas diferentes, designadas como formas alotrópicas.

Estas estruturas são bem diferenciadas com um ordenamento espacial preciso das orbitais, em torno de um átomo central de carbono, com distintos tipos de hibridação ( $sp^3$ ,  $sp^2$  e  $sp$ ). O número e a natureza das ligações ao átomo de carbono determinam a geometria e as propriedades dos vários alotropos (PASTRANA-MARTÍNEZ et al., 2013).

O estudo do grafeno é visto nas áreas da Física e da Química como grande potencial com aplicações manométricas e tem sido considerado pelos cientistas o material do futuro. O grafeno é um cristal bidimensional formado por ligações entre átomos de carbono  $sp^2$  ligados e dispostos numa rede hexagonal, com apenas um átomo de espessura, ligados em conjunto ao comprimento de 0,142 nm (PHIRI; GANE & MALONEY, 2017), como mostra a figura 1.

**Figura 1** - Átomos de carbono ligados em estrutura de favo de mel, mostrando o comprimento da ligação de 0,142nm na estrutura de grafeno.



**Fonte:** (PHIRI; GANE & MALONEY, 2017).

Apesar das diversas tentativas de se estudar este material foi apenas há poucos anos atrás que o grafeno começou a ser ativamente pesquisado cientificamente, após Novoselev e Geim terem conseguido, isolar pela primeira vez folhas individuais de grafeno quando realizavam a limpeza da superfície de uma placa de grafite, desgastando-a aos poucos em uma fita adesiva (LIU, et al., 2013).

Esse material mais um alótropo sintético do carbono são provenientes de um de seus alótropos naturais, a grafite, a mesma usada nos lápis comum para escrever. Possui propriedades extraordinárias como alta condutividade térmica e elétrica (sua condutividade elétrica é 100 vezes mais rápida que a do cobre); é o elemento usado atualmente em semicondutores, transistores para chips, células solares e uma infinidade de circuitos eletrônicos; tem elevada dureza; é muito leve e fino, como a fibra de carbono, mas flexível; é barato (sua matéria-prima é abundante) além de que o grafeno pode ser proveniente de qualquer material de carbono, entre outras características (PHIRI; GANE & MALONEY, 2017).

Existem diferentes e eficazes métodos para produzir grandes quantidades de grafeno com menor custo, como por exemplo, o Método de Hummer, porém são empregados produtos

químicos perigosos e altamente prejudiciais ao meio ambiente como o ácido sulfúrico (PARVEZ et al. 2014).

As propriedades estruturais do grafeno têm sido utilizadas em diversas áreas de pesquisa, como por exemplo, o uso do grafeno e seus derivados como adsorvente e remoção de corantes na fase aquosa. Ultimamente, a adsorção é considerada o método mais adequado para limpeza de água. Alguns adsorventes comuns incluem carvão ativado e fibras naturais que possuem baixa capacidade de adsorção. Adsorventes avançados incluem os óxidos de metais nanoestruturados, nanotubos de carbono, nanofolhas de nitreto de boro poroso e grafeno poroso, entre outros. Esses materiais foram desenvolvidos para superar essas deficiências (YANG et al. 2015). Neste artigo foi descrita uma extração do óxido de grafeno por via eletroquímica para remoção do azul de metileno da água, em turmas da educação básica.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho foi realizado em uma Escola Técnica da rede Estadual de ensino, localizada na cidade de São José do Belmonte, PE, durante o segundo bimestre letivo, para os alunos do curso de agroecologia da 2ª série do Ensino Médio. A pesquisa foi de natureza quali-quantitativa e sua abordagem dada à disciplina de Química, durante as aulas destinadas a atividades práticas, compondo um total de oito aulas, sendo dividida em cinco etapas.

Na primeira etapa, a fim de verificar os conhecimentos prévios dos alunos, foram realizadas perguntas sobre o tema Nanotecnologia em uma aula expositiva-dialogada, utilizando-se um pré-questionário disponível no Apêndice A.

A segunda etapa foi baseada em apresentações de imagens, vídeos e exemplos de equipamentos que utilizam a Nanotecnologia, como forma de estimular a curiosidade dos alunos. Foram exibidos dois vídeos, o primeiro denominado “Nanotecnologia: o que é e para onde vamos?”, de duração de 28 min., que explica à escala manométrica e o segundo chamado “Nanotecnologia: O futuro”, com duração de 14 min. Esse último descreve o surgimento da Nanotecnologia, seus benefícios e aplicações. Ambos os vídeos foram obtidos na plataforma do *YouTube*.

Na terceira etapa foi apresentada através de *slides*, a escala nanométrica, onde foram introduzidos os conceitos de escalas macroscópica, microscópica e nanoscópica. Logo após as discussões, foi realizado um estudo em grupos a partir da leitura dos artigos “Afinal, o que é



Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio (SILVA; VIANA & MOHALLEM, 2009) e Chá de grafeno extraem metais pesados da água disponível no site Público (2015).

Na quarta etapa, a turma foi dividida em cinco grupos de sete alunos para realização da aula prática (roteiro apresentado no Apêndice B), com a finalidade de explicar melhor as propriedades do óxido de grafeno como material manométrico.

### Síntese de Material a Base de Grafeno por via Eletroquímica

Um sistema eletrolítico foi montado para demonstrar à síntese nanométrica de materiais a base de grafeno (figura 2). Para a montagem do dispositivo foi usada uma fonte DC de PC ou de impressora usada, fios elétricos, um multímetro, jacarés, duas barras de grafite 2 mm e solução de sulfato de potássio 0,1 M.

**Figura 2** - Montagem do sistema eletrolítico para síntese nanométrica.



**Fonte:** Própria (2018).

Foi realizada uma abordagem eletroquímica efetiva e de baixo custo para obtenção do óxido de grafeno (GO). Uma célula eletroquímica de dois eletrodos foi montada para e esfoliação do lápis. Um lápis foi empregado como ânodo e o outro como cátodo, usando um potencial estático de + 9 V nos dois eletrodos para obtenção dos flocos de GO por cerca de 5 min., mergulhados numa solução aquosa de sulfato de potássio 0,1 M.

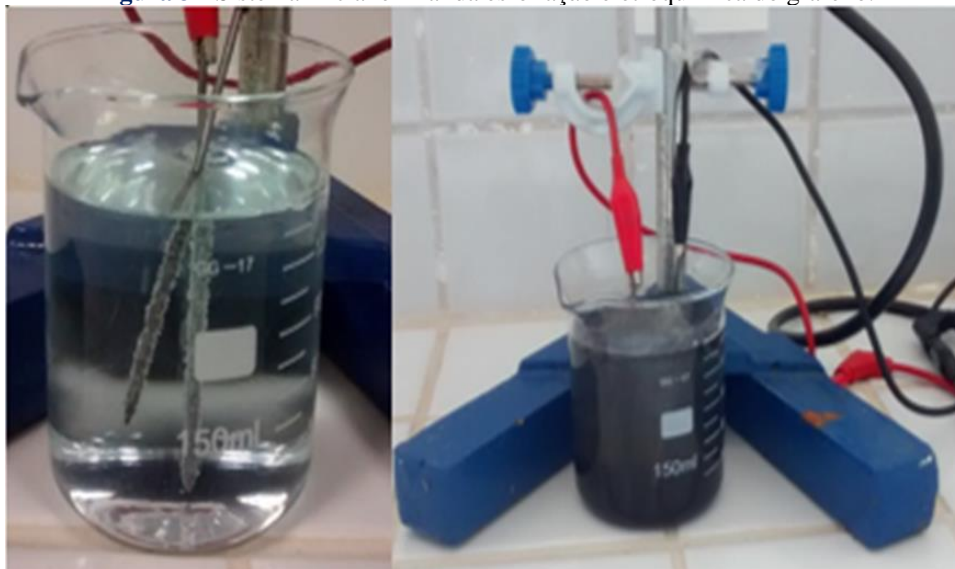
Posteriormente o potencial estático foi aumentado para 10 V e mantido agora por 9 a 10 min. Foi necessário trocar o lápis empregado como ânodo e cátodo para igual esfoliação. A figura 3 mostra o sistema inicial e final da esfoliação eletroquímica do grafeno.

Em seguida foram explicados aos alunos os próximos processos que poderiam ocorrer

como a lavagem com etanol e água destilada, a filtração a vácuo e o pós-tratamento com microscopia eletrônica de transmissão e de varredura proposta por (LIU et al., 2013).

No entanto, optou-se por uma via mais econômica e prática que foi a amostra concentrada ser colocada na estufa a 60°C.

**Figura 3** - Sistema inicial e final da esfoliação eletroquímica do grafeno.



Fonte: Própria (2018).

### **Tratamento da água usando a Nanotecnologia**

O material já sintetizado foi usado para remoção do corante azul de metileno da solução aquosa. Um béquer de 150 mL foi usado com sistema de agitação magnética onde 25 mL da solução foram transferidas para o sistema. Em seguida, uma pequena quantidade do nano material foi adicionado ao sistema em agitação. O contato entre as fases foi mantido por 10 min., sob agitação constante à temperatura ambiente. Após o tempo determinado, a fase sólida foi separada da fase líquida por filtração e a cor do filtrado foi comparada com a cor da solução original.

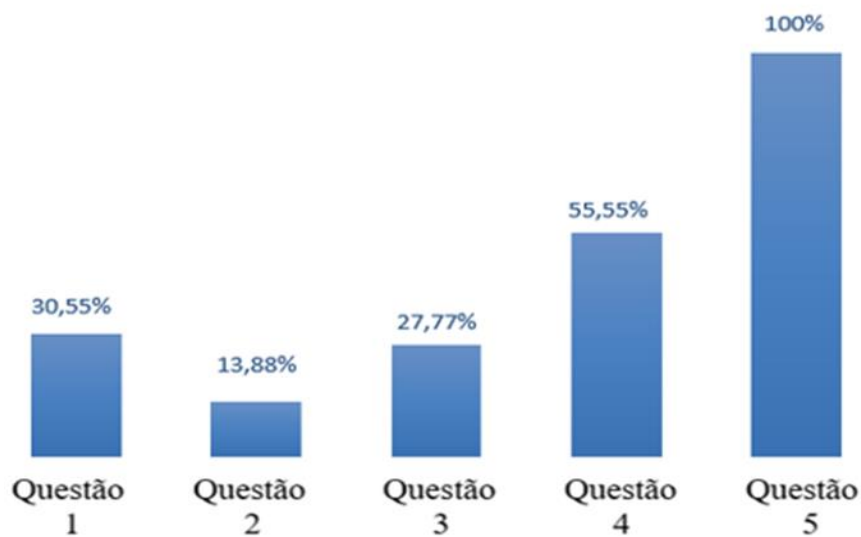
A quinta etapa consistiu na produção de textos sobre o tema seguida da aplicação de um pós-questionário (Apêndice C) a fim de verificar se houve aprendizado do tema proposto.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este trabalho buscou a vinculação de novos conceitos em sala de aula, por meio de atividades inovadoras sobre uma perspectiva CTS, se configurando num ensino contextualizado que adota métodos e técnicas que provocam nos alunos o desejo pela

pesquisa. Dos 36 alunos participantes da pesquisa, pouco mais de e trinta por cento (30,55%) responderam já ter ouvido falar em Nanotecnologia, por meio a da *internet* e da televisão (figura 3). Quando perguntados se os alunos possuíam conhecimentos sobre a escala nanométrica, 05 alunos responderam que sim, e um equivalente a 13,88% respondeu ser uma escala muito pequena, numa dimensão nanométrica, visualizada apenas com microscópios especializados, mas, não sabendo definir tal escala.

**Figura 4** - Gráfico com os resultados dos conhecimentos prévios dos alunos sobre N&N. Os valores de 1 a 5 seguiu a ordem das questões descritas no pré-questionário.



Fonte: Própria 2018.

Quando averiguados a respeito dos equipamentos que fazem uso desta escala apenas 10 alunos (27,77%) responderam celulares, chips e computadores como produtos usados. Os demais discentes não conseguiram responder. Do total de alunos submetidos à pesquisa, apenas 20 (55,55%) disseram que o carbono grafite é encontrado no lápis comum. E nenhum dos estudantes soube responder sobre as aplicações do grafeno.

De acordo com os resultados obtidos percebe-se que a Nanociência e a Nanotecnologia em algum momento estiveram presentes no vocábulo da minoria dos estudantes, embora com conceitos imprecisos, como relatou um aluno “a nanotecnologia está presente nos filmes dos vingadores e nos desenhos animados” e que a televisão e a *internet* foram as principais fontes de informação, onde os professores devem usar tais tecnologias ao seu favor, pois a mídia muitas vezes proporciona um excesso de informações sem um real significado de aprendizagem.

Quando foi perguntado aos alunos se eles tinham interesse em aprender sobre Nanotecnologia a resposta foi surpreendente, e todos se demonstraram interesse em aprender

um pouco mais sobre o tema. Afirmando a importância de projetos interdisciplinares e de aulas mais dinâmicas e interativas.

A segunda etapa procurou motivar os alunos pelo tema Nanotecnologia. Foi possível observar que através a exibição dos vídeos os mesmos se mostraram animados e atenciosos durante a aula, demonstrando que as aulas expositivas que utilizam recursos audiovisuais como ferramentas, são importantes no processo de aprendizagem, como proposto por Morran; Masetto & Behrens (2006). Os vídeos em sala de aula permitiu que alunos experimentassem diferentes sensações. Esse recurso é muito bom e quando utilizado de forma adequada além de enriquecer a aula proporcionam um ambiente escolar bastante descontraído e instigante aos alunos.

A terceira etapa buscou verificar se houve um melhor entendimento sobre o tema escala nanométrica e as propriedades do grafeno aplicadas ao meio ambiente no tratamento dá água. Observou-se que os discentes apresentaram dificuldades possivelmente decorrentes da falta de hábito de leitura dentro da sala de aula. Os textos de divulgação científica são excelentes recursos e podem ser usados nas aulas de Química, mas é importante que sejam bem selecionados e empregados dentro do contexto social e de acordo com os conteúdos ministrados, para que seu objetivo seja atingido e o aluno possa compreendê-lo e interpretá-lo. É importante se trabalhar com textos cuja leitura seja de simples e de fácil compreensão.

Na quarta etapa foi possível realizar uma demonstração de uma aplicação prática da Nanotecnologia através da capacidade de adsorção do óxido de grafeno na limpeza da água e remoção de corantes como, por exemplo, o azul de metileno (figura 5). Nesta atividade o padrão considerado como indicador de qualidade foi a cor. Segundo a regulamentação do CONAMA (2015) o tratamento da água requer técnicas de remoção ou inativação de impurezas, as quais podem conferir à água características, como: cor, odor, entre outros.

**Figura 5** - Tratamento de água usando nanotecnologia.



**Fonte:** Própria (2018).

A síntese de material a base de grafeno obtida por uma via eletroquímica de baixo custo, mostrou-se eficaz na esfoliação do grafeno. Enquanto ocorria a demonstração da esfoliação eletroquímica do grafite, apresentada anteriormente figura 2, foi explicado para os alunos o que ocorria no processo e que o mesmo floco de óxido de grafeno (OG) obtido por via da esfoliação eletroquímica do lápis exibe excelente atividade eletrolítica e com resultados promissores para o aumento da preparação e comercialização do óxido de grafeno de baixo custo, ao meio ambiente (PARVEZ et al., 2014). Os alunos ficaram motivados com a esfoliação do grafeno e seu processo e as discussões em torno dessa temática foi bastante proveitosa como mostra a (figura 6).

**Figura 6** Alunos manuseando o equipamento para esfoliação do grafeno.



**Fonte:** Própria (2018).

Durante a prática descrita cujo roteiro segue descrito no Apêndice B, os alunos realizaram todas as atividades em grupo e onde tiveram oportunidade de desenvolver competências de trabalhar em equipe, desenvolver espírito de liderança e respeito, passando a interagir como sujeitos ativos e protagonistas no processo de aprendizagem. Assim conforme Sedano & Carvalho (2017), a o trabalho em grupo é um instrumento fundamental para superar as dificuldades e estabelecer relações positivas de cooperação.

Nessa ultima etapa é importante destacar que, apesar dos textos produzidos apresentarem o mesmo tema, tiveram enfoques diferenciados o que permitiu uma maior abrangência do assunto. Assim, foram escolhidos dois trechos considerados mais relevantes para análise.

**Transcrição 1:** *“A revolução que a nanotecnologia está causando vai mudar a forma que as pessoas vivem. São grandes os impactos desta ciência, ela só tem crescido nos últimos anos. Essa ciência aumenta a capacidade de armazenamento de dados em chips e computadores, os computadores estão cada vez menores e mais eficientes. É crescente também os avanços médicos nos tratamentos de doenças cancerígenas, remédios e agora com a aplicação do grafeno para tratar resíduos o ambiente só tem a ganhar. Sociedade tem que conhecer e fiscalizar essas aplicações”.*

**Transcrição 2:** *“Diariamente são despejadas grandes descargas de produtos industriais, agrícolas ou residuais nos rios, resultando no aumento de fluxo de poluentes tóxicos. Entre os poluentes da água, os metais pesados e corantes são de grande preocupação, uma vez que não são biodegradáveis podendo se acumular nos organismos vivos trazendo diversos problemas ambientais e sociais. No entanto, os purificadores nanométrica base de óxido de grafeno surgem como uma proposta para minimizar esse quadro e trazer mais qualidade de vida as pessoas. Interessante que ele é feito de baixo custo e com o lápis comum e tem capacidades incríveis como vimos no laboratório”.*

Diante dos textos pode-se observar que os alunos atenderem aos objetivos da proposta do trabalho, trazendo informações com diferentes enfoques das aulas, conseguindo se posicionar diante do tema.

No que se refere ao pós-questionário, 97,22% dos alunos conseguiram definir o que é Nanotecnologia e citar suas aplicações. Cerca de 34 alunos (94,44%), responderam que é de suma importância esses projetos inovadores no Ensino Médio. Todos os alunos que participaram da aula experimental (etapa quatro) souberam apontar exemplos da importância do purificador manométrico para o meio ambiente.

A porcentagem representada acima demonstra indícios de que houve um aumento significativo dos conhecimentos dos alunos sobre o tema, o que antes era praticamente desconhecido, após as atividades que foram desenvolvidas nas turmas. Comparando as respostas desse questionário com o primeiro percebe-se o quanto os alunos aprenderam sobre o tema Nanociência e Nanotecnologia. Todos enfatizaram a importância de aulas estratégicas e mais dinâmicas para o ensino de Química, ressaltando também o quanto foi proveitosa a aula experimental, e a importância dos mesmos prepararem a solução de azul de metileno, o processo de agitação (dissolução) e da filtração da água.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao finalizar o trabalho que apresentou questionamentos iniciais e diferentes metodologia que utilizaram textos de divulgação científica, vídeos e aula experimental, pode-se detectar algumas relações importantes.

A leitura e produção textual como forma de avaliação mostrou-se muito eficiente, uma vez que os alunos usaram argumentos pertinentes a respeito do que havia sido explanado, indicando que esse recurso deve ser trabalhado com mais frequência durante as aulas.

O adsorvente nanométrico a base de grafeno é possível de se utilizado como a atividade experimental que trabalha a Nanotecnologia na escola. Do mesmo modo, foi possível tratar a solução de azul de metileno, purificando a água com o óxido de grafeno, ambos produzidos em laboratório de pequena escala, pelos estudantes do Ensino Médio de Química.

Pode-se considerar que trabalho proporcionou um ambiente de aprendizagem que contribuiu para que o senso crítico do aluno fosse desenvolvido, preparando o mesmo para exercer sua cidadania na tentativa de formar cidadãos mais críticos e conscientes do seu papel no mundo e com o mundo, podendo ser sugerido como forma de estimular não apenas os discentes, mas os docentes a empregarem metodologias mais estimulantes e que abordem temas atuais relacionados à Ciência e a Tecnologia em sala de aula.

## **REFERÊNCIAS**

BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 21 Jun. 2018.

\_\_\_\_\_. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 144 p. 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio. Brasília, MEC/SEMT, 2000.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n.22, p.89-100, 2003.

DURAM, N.; AZEVEDO, M. M. M. Nanociência e nanotecnologia. **Reportagem rede de pesquisa em nanotecnologia**. 2012.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v.8, n.2, p.109-123, 2003. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/542/337>>. Acessado em: 19 Jun. 2018.

LIMA, M. C.A; ALMEIDA, M. J. P. M. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.34, n.4, 4401, 2012.

LIU, J. et al. A green approach to the synthesis of high-quality graphene oxide flakes via electrochemical exfoliation of pencil core. *RSC Advances*, v. 3, n. 29, p. 11745-11750, 2013.

MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; PINHO ALVES, J. P. Alfabetização científica no ensino de Química: uma análise dos temas da seção Química e Sociedade da Revista Química Nova na Escola. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v.31, n.3, p.165-171, 2009. Disponível em:<[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31\\_3/03-QS-0809.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/03-QS-0809.pdf)> Acesso em: 22 Jun. 2018.

MORRAN, J. M.; MASETTO, M.; BEHRENS, M. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. 12ed. Campinas, Papirus, 2006.

PARVEZ, K. et al. Exfoliation of graphite into graphene in aqueous solutions of inorganic salts. **J. Am. Chem. Soc**, v.136, n.16, p.6083-6091, 2014.

PASTRANA-MARTÍNEZ, L. M. et al. Nanotubos e Grafeno: Os primos mais jovens na família do carbono! **Química**, n.128, 2013.

PHIRI, J.; GANE, P.; MALONEY, T. C. General overview of graphene: Production, properties and application in polymer composites. *Materials Science and Engineering*, v. 215, p. 9-28, 2017.

PÚBLICO. Poluição: Chá de grafeno extrai metais pesados da água. *Revista de Ciência Elementar*. 2015. Disponível em:<<https://www.publico.pt/2015/07/15/ciencia/noticia/cha-de-grafeno-extraí-metals-pesados-da-agua-1702039>> Acesso em: 8 jun. 2018.

REBELO, G. A. F.et.al. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química Nova na Escola**. v.34, n.1, p.3-9, 2012.

SEDANO. L; CARVALHO. A. M. P. Ensino de Ciências por investigação: Oportunidades de



Interação Social e sua Importância para a Construção da Autonomia Moral. ALEXANDRIA: **R. Educ. Ci. tec.**, Florianópolis, v.10, n.1, p.199-220, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/Joana/Desktop/LEIS/43384-169706-1-PB.pdf>. Acessado em: 26 Jun. 2018.

SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio. **Química nova na escola**. v. 31. N.3. 2009. Disponível em:< [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31\\_3/04-QS-7808.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/04-QS-7808.pdf)> Acesso em: 26 Jun. 2018.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão. *Ciencia & Educação*. v.19, n.4, p.795-809, 2013. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/html/2510/251029395002/acesso>>. Acesso em 21 de Jun. 2018.

TOMA, H. E. O Mundo Nanométrico: A Dimensão do Novo Século (Oficinas de Textos, São Paulo). 2 ed. 2009.

YANG, R. et al. Thiol-functionalized chitin nanofibers for As (III) adsorption. *Polymer* 60: 9–17. 2015.

YUSUF, M. et al . Abdullah and Moonis Ali Khan. Applications of graphene and its derivatives as an adsorbent for heavy metal and dye removal: a systematic and comprehensive overview. **RSC Advances** **dv**, p.1-29, 2015.

**Submetido em: 19.01.2020**

**Aceito em: 30.03.2020**

**Publicado em: 30.04.2020**

*Avaliado pelo sistema double blind review*