

## ABORDAGEM DE NANOCIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO

### EDUCATIONAL APPROACH FOR NANOSCIENCE TEACHING IN HIGH SCHOOL

ANDERSON LUIZ ELLWANGER\*

RONALDO MOTA\*\*

SOLANGE BINOTTO FAGAN\*\*\*

#### RESUMO

O presente trabalho apresenta um relato de experiências sobre a organização e implementação de um Módulo Didático, subdividido em etapas, que contemplam a inserção da Nanociência em turmas de terceiro ano do Ensino Médio na cidade de Santa Maria, RS. A avaliação da aprendizagem foi feita por meio de textos dissertativos e a avaliação do material instrucional por meio de questões abertas. O trabalho proposto atingiu seu objetivo principal de colaborar na compreensão inicial da Nanociência à medida que a implementação pioneira e a proposta metodológica adotadas conseguiram abordar, ainda que preliminarmente, o tema de Nanociência de forma satisfatória, motivando a maioria dos alunos e sensibilizando-os adequadamente sobre essa área bastante complexa e contemporânea.

**Palavras-chave:** Módulo Didático. Nanociência. Nanotecnologia. Ensino Médio.

#### ABSTRACT

*This work presents a report about an experience of organization and implementation of a Pedagogical Modulus, divided by steps, which take into account the inclusion of the subject Nanoscience directed to third grade high school level in Santa Maria-RS, Brazil. The learning assessment was implemented by using texts and the instructional assessment via open questions. The proposed work achieved its main target to collaborate on the initial understanding of Nanoscience considering that this pioneer initiative and the associated methodological approach were successful on motivate the majority of the students in such complex and contemporary issue.*

**Keywords:** Pedagogical Modulus. Nanoscience. Nanotechnology. High School.

---

\* Mestre. Centro Universitário Franciscano, Santa Maria - RS. E-mail: pfandd@gmail.com

\*\* Doutor. Centro Universitário Franciscano, Santa Maria - RS. E-mail: ronamota@gmail.com

\*\*\* Doutor. Centro Universitário Franciscano, Santa Maria - RS. E-mail: solange.fagan@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A palavra Nanociência decorre da combinação de nano (do grego “nanos” ou do latim “nanus”, significando anão) com a palavra ciência. Ela pode ser definida, de forma resumida, como sendo o estudo de fenômenos associados com a manipulação de átomos, moléculas ou objetos cujas dimensões estejam na escala nano (de 1nm a 100 nm, sendo  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ), produzindo efeitos não observáveis quando em escalas maiores.

A Nanociência e sua aplicação a Nanotecnologia têm se mostrado a cada dia mais abrangentes no que diz respeito a novos materiais e compostos, tornando os equipamentos e produtos derivados mais eficientes, duráveis e resistentes. A título de exemplo de aplicação, podemos citar a possibilidade de tornar superfícies autolimpantes e hidrofóbicas (TOMA, 2004), com alta resistividade, maleabilidade quase infinita, sensibilidade a pequenas variações de temperatura e pressão (GOODSELL, 2004). De forma ampla, podemos citar os avanços tecnológicos já presentes no cotidiano de nossos alunos, ou no futuro muito próximo, como computadores menores e cada vez mais potentes e dispositivos sensíveis ao toque. Muitas vezes tais componentes são apenas utilizados e, em geral, não compreendidos.

Desta forma, seguindo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) que apregoam a introdução de tópicos contemporâneos no ensino de Ciências, almejando a relação mais próxima possível da realidade dos alunos com os conceitos abordados em sala de aula, o estudo de Nanociência é pertinente, dado estarmos nos referindo à utilização cotidiana de equipamentos ou produtos, tais como dispositivos sensíveis ao toque ou ao calor ou objetos em geral baseados em fenômenos de escala da ordem nano. Por conseguinte, tais componentes podem ser usados como instrumentos motivadores e instigantes na inserção pioneira desta parte da Física Moderna em um ambiente formal de ensino.

A ciência é a vertente de conhecimento baseada no método científico, a qual passa por constantes aprimoramentos, vislumbrando uma compreensão mais ampla e profunda da natureza. Os avanços científicos e tecnológicos são notáveis, porém, tais novidades pouco têm emergido nas práticas de ensino. No que se refere à Física Moderna, em geral, as contribuições no processo ensino-aprendizagem são reconhecidamente modestas (MACHADO; NARDI, 2006).

Revisões de literatura sobre a viabilidade de inserção, mesmo que pontuais e ilustrativas, de tópicos de Física Contemporânea no Ensino Básico (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; OSTERMANN; PEREIRA, 2009) acompanhados da produção de um material instrucional inédito (PEREIRA et al., 2010), ancorados em conceitos da Física Geral, bem como da Biologia e da Química, incentivam atividades inovadoras no ensino. Fruto desses experimentos, se enfraquece o paradigma disciplinar apregoado em muitos ambientes escolares, permitindo, via a multi e a interdisciplinaridade, a formação de profissionais e cidadãos com conhecimentos mais amplos e flexíveis, capazes de interligar os conteúdos disciplinares dos programas tradicionais com conhecimentos científicos atuais, buscando tornar os episódios de ensino e aprendizagem mais atrativos aos alunos, tal como apregoado nos PCNs (BRASIL, 2000).

Para tanto, este trabalho apresenta um relato desenvolvido em uma Dissertação de Mestrado, a qual discorre sobre tópicos de Nanociência que foram implementados em sala de aula, em períodos regulares, durante os anos de 2008, numa versão preliminar, e de 2009, na versão reformulada, no Colégio Riachuelo, na cidade de Santa Maria - RS, por meio de um Módulo Didático (MD), subdividido em etapas.

Passamos agora a explicitar alguns conceitos que nortearam a produção deste material instrucional denominado MD.

## NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A Nanociência trabalha com a escala da bilionésima parte do metro, correspondendo ao nanometro. Já a Nanotecnologia faz uso dessas possibilidades e gera produtos utilizáveis e funcionais. Alguns desses produtos já eram desenvolvidos mesmo antes da adoção formal do termo Nanociência, de forma mais rústica, como os vitrais coloridos em igrejas medievais, os quais eram obtidos utilizando partículas de ouro e outros minerais, em tamanhos diferenciados, incluindo a escala nano, para apresentar cores diferentes quando misturados com o vidro. Atualmente esses e muitos outros produtos são sintetizados em laboratórios, o que permite suas aplicações em larga escala (SCHULZ, 2006).

Além dos processos artificiais, é possível encontrar na natureza produtos que apresentam propriedades de hidrofobicidade natural, como é o caso da folha de lótus, que repele a água e sujeira.

Assim a novidade anunciada pelo físico Richard P. Feynman, em 1959, de que *“havia muito espaço lá em baixo”* estava na verdade somente evidenciando ao mundo o que já existia, mas que, a partir de então, seria possível fazer em laboratório as manipulações deliberadas de átomos e moléculas.

Logo, permanecendo nesta linha de raciocínio, podemos e devemos correlacionar o mundo da sala de aula com estas “novas/velhas” descobertas. E para tanto, a maneira encontrada, neste trabalho, foi a produção de um MD, ou seja, a organização de um conjunto de informações e conceitos sobre Nanociência e Nanotecnologia através de um módulo, organizado em etapas, permitindo relacionar as experiências vivenciadas pelos alunos no dia a dia com o conteúdo das disciplinas de sala de aula.

No próximo item, apresentamos alguns pressupostos que auxiliam na viabilidade, bem como na utilidade de MDs em sala de aula.

### O MÓDULO DIDÁTICO

A utilização de MD vem sendo sugerida e adotada em várias áreas do ensino, o que suscita possibilidades de ajustes e modificações para implementá-los. O fato de adotar um MD em situações formais de ensino acompanha o pensamento de Pires e Veit (2006), que destaca a produção de materiais instrucionais mais adequados à situação da sala de aula, podendo ser modificados e adaptados de acordo com o contexto dos alunos.

Neste caso específico, o MD foi desenvolvido diante de uma necessidade iminente e pertinente como é o caso do tema Nanociência e Nanotecnologia, tendo sido subdividido o MD em etapas, que podem ser avançadas e adaptadas de acordo com as necessidades e peculiaridades específicas da turma em que está sendo implementado.

O fato de estar dividido em etapas se enquadra nas ideias de Bruner (VASCONCELOS et al., 2003), que sugere uma possibilidade de revisitar o mesmo assunto em diferentes níveis de profundidade e complexidade, podendo ser ampliado e adequado de acordo com os alunos que estão construindo aquele conhecimento.

Nesta linha de pensamento, podemos citar os pressupostos de Ausubel (MOREIRA, 2006), que apresenta como central o conceito de conhecimento prévio, ou seja, o que o aluno já conhece a respeito do assunto que está sendo estudado. Isso permite a escolha adequada do nível em que o assunto deve ser abordado, concordando com os pressupostos de Bruner.

Seguindo a linha ausuberiana, ainda se destaca o fato de preocupar-se com uma aprendizagem com significado, permitindo que se estabeleçam conexões com os conhecimentos prévios e os pos-

teriores, assimilando-os de maneira não literal e não arbitrária, permitindo uma compreensão mais abrangente do mundo (MOREIRA, 2006).

Embasado teoricamente nos pressupostos ausuberianos e brunerianos, passamos a explicar as etapas implementadas no MD\*\*\*\*.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As atividades foram organizadas de acordo com a rotina escolar, totalizando 5 períodos de 50 minutos em dias distintos. O público-alvo caracterizou-se por alunos do Ensino Médio do último ano do Colégio Riachuelo, na cidade de Santa Maria, RS. As etapas do trabalho foram subdivididas da seguinte maneira:

### **i) Primeiro período**

#### **1) Concepções prévias: questões sobre Nanociência**

Este item que foi desenvolvido com a mediação do professor de Física, o qual fez questionamentos acerca do tema, observando as concepções prévias dos alunos a respeito do assunto.

#### **2) Motivação: aplicações práticas da Nanociência e da Nanotecnologia**

Nesta etapa, foram apresentados aos alunos imagens, vídeos e exemplos de equipamentos que utilizam fenômenos de escala, como celulares com mais recursos, tecidos hidrofóbicos, mudança de cor de acordo com as dimensões das partículas, etc.

### **ii) Segundo período**

#### **3) Desenvolvendo o tema: compreensão da nanoescala**

Nesta etapa buscou-se a compreensão de alguns fenômenos e propriedades que ocorrem na nanoescala, como, por exemplo, a variação da área superficial quanto ao aumento do número de partes individuais.

### **iii) Terceiro período**

#### **4) Propriedades de nanoestruturas: exemplos práticos e os fenômenos físicos envolvidos**

Esta etapa se caracterizou pelo aprofundamento teórico, no qual os exemplos são mais abrangentes e as propriedades físicas estão mais visíveis. Neste caso, fizemos uso de demonstrações computacionais, voltadas à compreensão do que ocorre de tão especial na nanoescala, como as propriedades estruturais e magnéticas.

### **iv) Quarto período**

#### **5) Conhecendo o tema na literatura: textos de divulgação científica**

Nesta etapa foram implementados textos de divulgação científica, com recomendação de leitura prévia por parte dos alunos. Portanto, este período destinou-se a um debate e troca de ideias acerca do assunto abordado nos textos sugeridos.

### **v) Quinto período**

#### **6) Avaliação: produção textual, depoimentos e questões**

Nesta etapa, usamos a produção de textos dissertativos sobre o assunto, sendo o enfoque destes voltado a limites e a possibilidades da Nanociência e da Nanotecnologia.

---

\*\*\*\* Disponível em: <http://nanociencianoensinobasico.blogspot.com/2011/01/modulo-didatico-sobre-nanociencia.html>

## Resultados e discussões

Nesta etapa, apresentaremos um relato sobre a aplicação do MD e também as discussões dos principais resultados.

### Relato da aplicação do Módulo Didático

Apresentaremos em seguida, uma súmula de cada uma das etapas e as considerações mais significativas.

#### **i) Primeiro período**

##### *a) Concepções prévias: questões sobre Nanociência*

Esta etapa contemplou os questionamentos sobre o tema, observando o que os alunos já conheciam, o que permitiu um reconhecimento de suas concepções prévias e consequente escolha do nível adequado de profundidade a ser adotado.

No exemplo a seguir, observa-se a preocupação em investigação frente ao tema abordado.

*- Você seria capaz de dar exemplos de equipamentos de seu uso diário que contemplem Nanociência? Quais?*

A intenção nesse questionamento foi de inserir os alunos no tema que seria estudado. Por se tratar de uma questão bem abrangente, permitiu que os alunos apresentassem exemplos de seu uso diário, relacionados com Nanociências.

Os resultados a este questionamento permearam o seu contexto, ou seja, os alunos citaram equipamentos que estavam diretamente ligados ao convívio pessoal deles. Isso pode ser claramente observado no fato de que do total de 123 alunos que participaram da atividade apenas 27 posicionaram-se desconhecedores de exemplos que contemplam Nanociência, ou seja, 22% do total. Dos demais participantes, observou-se como principais respostas: (i) em 1° lugar: celular (40%); (ii) em 2° lugar: MPEGs-MP3 (25%) e (iii) em 3° lugar: computador (13%). Outros exemplos também foram citados, como *i-phone*, *chips*, televisão e DVD.

A próxima etapa constitui-se em apresentar exemplos práticos e contextuais.

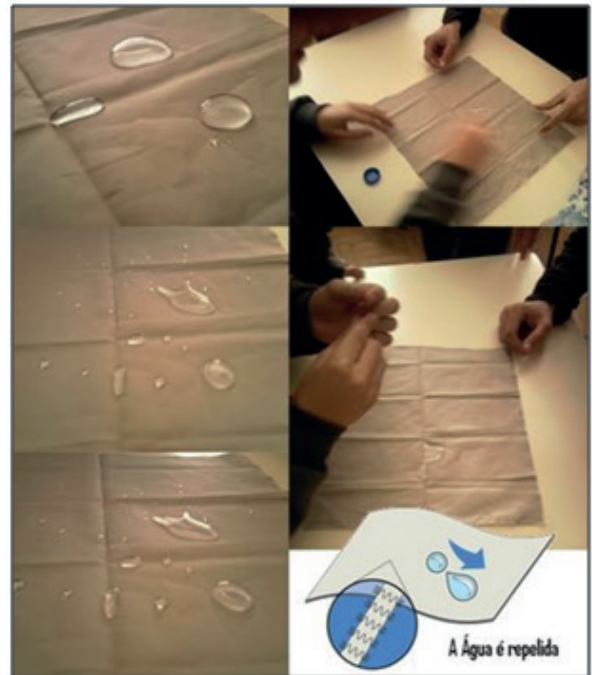
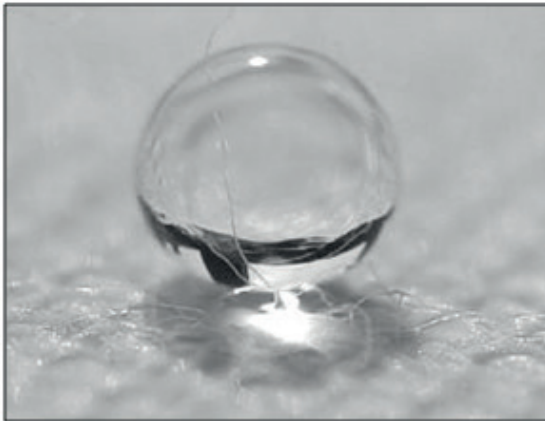
##### *b) Motivação: aplicações práticas da Nanociência e da Nanotecnologia*

Nesta etapa, em nível de motivação, foram usadas imagens, vídeos e exemplos de equipamentos que utilizam a Nanotecnologia, como celulares com mais recursos, tintas que mudam de cor, tecidos hidrofóbicos, vitrais coloridos, etc.

Abaixo apresentamos dois dos exemplos utilizados na aplicação.

**Figura 1-** Imagem usada para mostrar a propriedade de hidrofobicidade de nanomateriais.

### *Como é possível a água não molhar um tecido?*



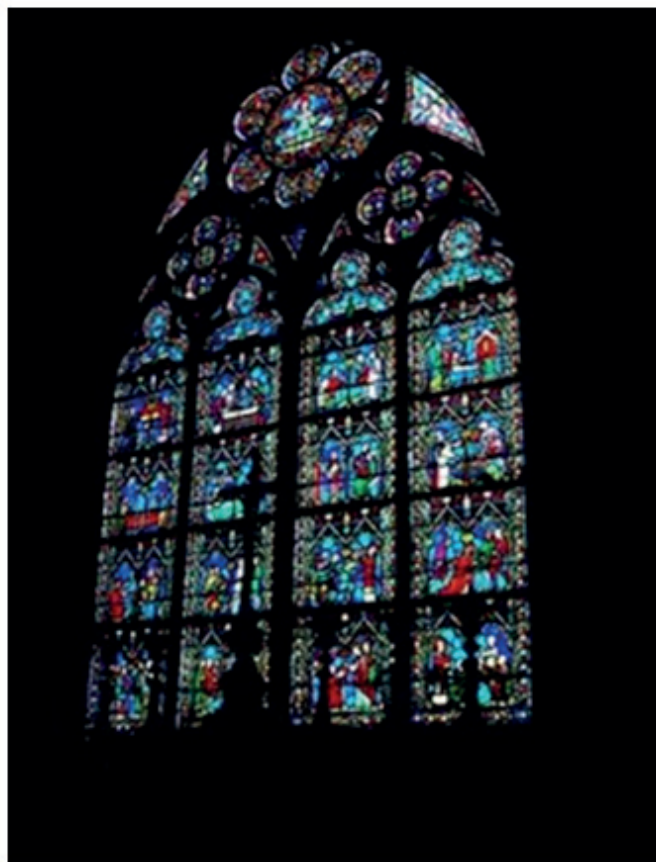
Na figura 1, apresenta-se o exemplo de um tecido hidrofóbico. Este despertou grande interesse nos alunos e muitos citaram que já haviam ouvido falar a respeito na disciplina de Química. Quanto às propriedades do material, do total de alunos, apenas 13 demonstraram desconhecer completamente a causa da repulsão da água na superfície do tecido. Os demais apresentaram respostas variadas. Destacamos as seguintes: a diferença de polaridade entre água e tecido, água polar, tecido apolar (cerca de 50% dos alunos), superfícies hidrofóbicas (30%) e, a menor quantidade de respostas, relacionadas com a Nanotecnologia (cerca de 20%).

Podemos observar que na verdade a grande maioria das respostas, cerca de 80%, direcionou-se à repulsão hidrofóbica. Esse resultado foi em boa parte, ancorado no fato de os alunos já terem trabalhado este assunto na disciplina de Química, em um bimestre anterior.

Ainda na linha motivacional, podemos destacar o próximo item.

**Figura 2** - Imagem de um vitral medieval colorido obtido com nanopartículas misturadas.

*Como foram  
construídos os vitrais  
coloridos na idade  
média? Como  
conseguiram as  
diferentes cores?*



Durante a exposição da figura 2, a qual apresenta o questionamento acerca das cores diferentes em vitrais antigos, algumas curiosidades foram apresentadas por parte dos alunos. As dúvidas estavam relacionadas com as estruturas coloridas, que os alunos já conheciam, mas não conseguiam formular uma resposta completa sobre as propriedades envolvidas.

Os que responderam, apresentaram as mais variadas justificativas. Porém, em nenhuma delas fora apresentada a substância ouro misturada com o vidro. Algumas respostas significativas a este questionamento foram: a propriedade de reflexão e refração da luz ao passar pelo vidro (cerca de 40%); e os demais responderam que deveria ter alguma substância misturada com o vidro (cerca de 20%); e o restante dos alunos justificaram a presença de materiais diferentes. Somente 45 alunos, ou seja, 36%, ficaram alheios a discussão sobre o fenômeno observado nos vitrais coloridos.

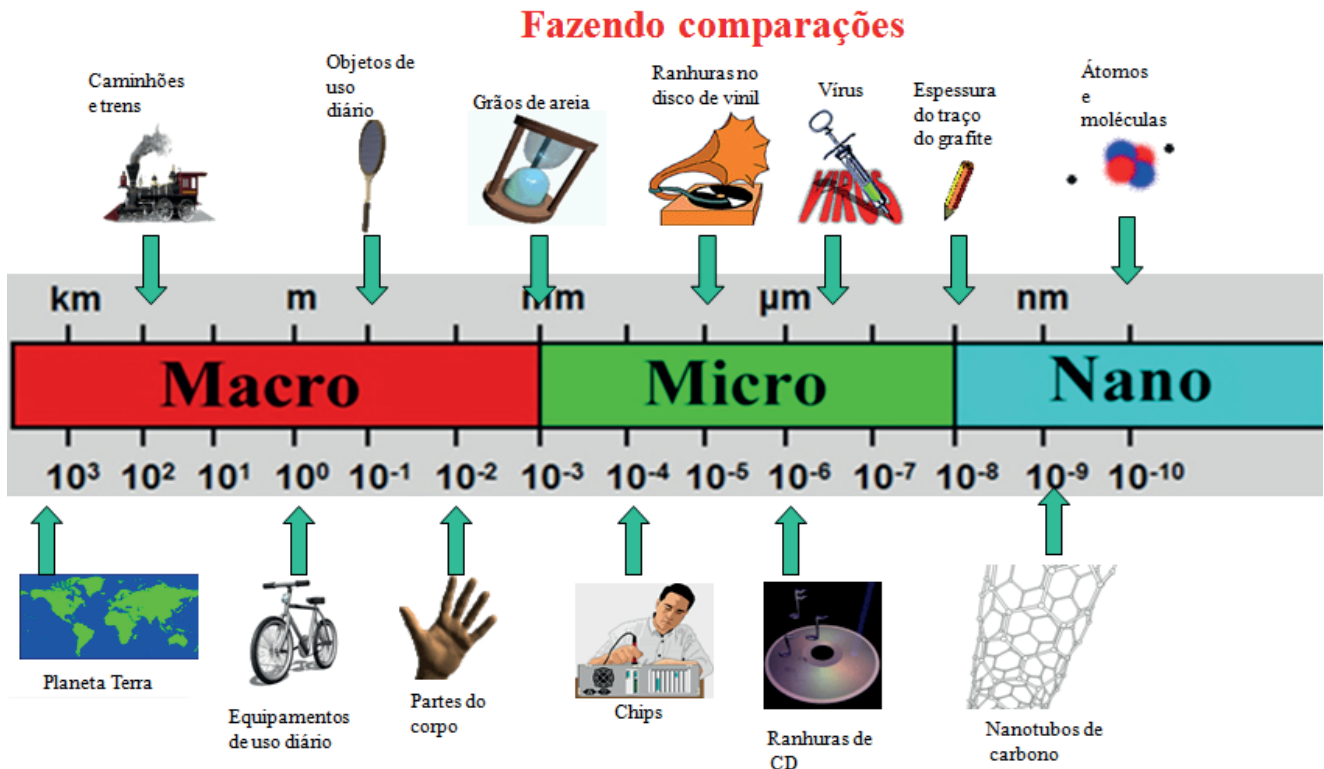
## **ii) Segundo período**

### *c) Desenvolvendo o tema: compreensão da nanoescala*

As demonstrações computacionais foram utilizadas nesta etapa, através da visualização do aumento da área superficial, com o aumento das partes individuais que constituem um corpo maior.

Além de usar uma sequência de materiais didáticos que mostrava as diferentes escalas de medida, desde o macro até o nanometro, apresentamos aos alunos a figura 3, para que pudessem, auxiliados pelo professor, fazer as relações de medida e comparações de grandezas, as quais são essenciais quando trabalhamos com o nanometro.

**Figura 3** – Imagem usada para comparar dimensões, escalas de medida e alguns exemplos.



Nesta etapa, buscou-se a compreensão de alguns fenômenos e propriedades que ocorrem na nanoescala, como, por exemplo, a variação da área superficial quanto ao aumento do número de partes individuais. Isso foi explicado com uma sequência de demonstrações computacionais, que, resumidamente, mostravam um cubo sendo fragmentado em várias partes iguais, para que fosse possível observar o aumento da área (Figura 4).

**Figura 4** - Fragmentação de um cubo com dimensões macroscópicas para cubos menores.\*\*\*\*\*



Podemos observar que na figura 4 (b) temos as partes individuais, as quais juntas apresentam uma área superficial maior que a área superficial do cubo inteiro, mas o volume total permanece constante como na figura 4 (a).

\*\*\*\*\* A fragmentação do cubo está disponível de forma animada e interativa em: <http://maisunifra.com.br/objeto/area-superficial/>



Após ter-se compreendido o aumento da área superficial, importante conceito para o entendimento da Nanociência, e também observadas algumas aplicações, partimos para uma abordagem mais específica das propriedades da Nanociência e da Nanotecnologia, o que fica esclarecido na próxima etapa.

### **iii) Terceiro período**

#### *d) Propriedades de nanoestruturas: exemplos práticos e os fenômenos físicos envolvidos*

Esta etapa se caracteriza pelo aprofundamento teórico, na qual os exemplos são mais abrangentes e as propriedades físicas estão mais visíveis. Neste caso, usamos demonstrações computacionais voltadas à compreensão do que ocorre de tão especial na nanoescala, como as propriedades estruturais e magnéticas.

Nesse momento, também foi importante fazer com que os alunos compreendessem as vantagens e também as possíveis implicações da manipulação atômica e molecular, destacando os riscos que esta pode trazer ao ser humano.

O paralelo comparativo entre vantagem e risco deixou o aluno em condições de refletir sobre novas tecnologias e sua validade, levando ao campo da discussão ética e filosófica, transcendendo o campo da física, química e matemática e possibilitando uma abordagem mais ampla sobre o assunto.

Esta etapa foi fundamental para a produção de textos dissertativos relativos às etapas seguintes.

### **iv) Quarto período**

#### *e) Conhecendo o tema na literatura: textos de divulgação científica*

Nesta etapa, foram implementados textos de divulgação científica, com a leitura prévia dos alunos. Portanto, este período destinou-se a um debate e troca de ideias acerca do assunto abordado nos textos sugeridos.

Os textos desenvolvidos foram:

##### *i) Ferramentas magnéticas na escala do átomo;*

KNOBEL, M; GOYA, F. G. Ferramentas magnéticas na escala do átomo. **Scientific American Brasil**, v. 31, n. 5, p. 58-66, 2004.

##### *ii) Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio.*

SILVA, S. L. A; VIANNA, 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, p. 172-178, 2009.

##### *iii) Nanotecnologia: a revolução invisível.*

SANTUCCI, J. Nanotecnologia: a revolução invisível. **Revista do CREA**. Ano IV, n. 48, p. 13-17, 2008.

##### *iv) Nanociência.*

TOMA, H.; ARAKI, K. Nanociência. **Ciência Hoje**, v. 37, n. 217, p. 24-31, 2005.

v) Nanociência de baixo custo em casa e na escola.

SCHULZ, P. A. B. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Física na Escola**, v. 8, n.1, p. 4-9, 2007.

Parte dos textos sugeridos foram lidos em sala de aula, permitindo que os alunos pudessem compreender e fazer as associações que ainda não haviam sido feitas em suas leituras prévias.

É importante destacar que os textos apresentavam o mesmo tema, porém com enfoques diferenciados, o que permitiu uma maior abrangência do assunto.

A próxima etapa apresenta uma proposta de avaliação diferenciada por meio de uma dissertação, bem como a avaliação do MD feita pelos alunos.

### **v) Quinto período**

O quinto e último período de implementação, o qual foi usado para avaliar, tanto a aprendizagem dos alunos quanto a viabilidade do MD, foi organizado de acordo com o que segue.

#### *f) Avaliação: produção textual.*

Por se tratar de um tema inovador e ainda não ter sido abordado, com um método diferenciado de implementação e abordagem, implementamos uma forma de avaliação também diferenciada.

A seguir apresentaremos a avaliação feita com os alunos, após a implementação do MD, por meio da produção textual, vislumbrando a aferição do conhecimento adquirido.

#### *f.1. Avaliação por meio de produção textual*

A referida dissertação apresentou a seguinte estrutura:

*O tema constitui-se de uma diferenciação entre vantagens e possíveis implicações positivas e negativas nos limites de utilização da Nanociência e sua aplicação, a Nanotecnologia. Então, usando como argumentos os conhecimentos adquiridos em sala de aula, durante a explanação do assunto, bem como a leitura dos textos sugeridos escreva uma dissertação sobre o assunto.*

As produções textuais apresentadas pelos alunos seguem as normativas pressupostas para a produção de dissertações. Assim os textos deveriam apresentar uma introdução, que contemplasse a tese a ser defendida, neste caso em específico, a tese deveria ser ancorada às vantagens e possíveis implicações positivas e negativas. O parágrafo ou parágrafos seguintes, conhecidos como desenvolvimento do texto, deveriam fornecer argumentos para sustentar a tese.

Foi dada a sugestão de se escrever um parágrafo favorável e outro de possíveis implicações positivas e negativas. O último parágrafo, chamado de conclusão, solicitava uma tomada de posição do aluno, posicionando-se favorável ou contrário, de acordo com os argumentos apresentados anteriormente, solidificando sua tese apresentada na introdução.

Do total de textos produzidos (123), 16 receberam nota zero, pois não apresentaram a estrutura de apresentação solicitada: 10 por fuga do tema, 5 por apresentaram um resumo dos textos lidos e 1 (um) por ter alegado desconhecimento sobre o assunto para apresentar uma posição.

Na Tabela 1, apresenta-se a avaliação das dissertações associadas ao tema desenvolvido.

**Tabela 1** - Avaliação das dissertações dos alunos sobre Nanociência e Nanotecnologia.

Notas atribuídas às dissertações	% de alunos, num total de 123
Acima de zero e abaixo de 6	42,3 %
Entre 6 e 8	39 %
Entre 8 e 10	5,7 %

A correção das dissertações foi feita pelo professor que implementou a atividade, embasado em conhecimentos adquiridos com a professora de Redação e Português do Colégio Riachuelo. As dissertações que apresentaram nota zero foram novamente corrigidas pela professora, sendo essas notas aceitas por ela.

A forma metodológica usada para trabalhar um assunto inovador deve, preferencialmente, também ser inovadora. Trabalhar temas contemporâneos associados à Física no Ensino Básico é possível desde que ancorados em subsídios metodológicos que auxiliem a compreensão do assunto trabalhado, usando um modelo adequado. Ressaltamos que os objetivos iniciais foram alcançados, de forma que os alunos foram instigados e buscaram compreender as novas tecnologias associadas aos seus benefícios, desde que sejam manuseadas e usadas com certo cuidado. Este fato é ressaltado pela transcrição das dissertações e pelas notas apresentadas na tabela 1.

Outros temas associados à Física Moderna e Contemporânea podem ser abordados da mesma maneira, ou seja, de forma não tradicional, deixando claro que o aprender perpassa por várias áreas de conhecimento e não por fragmentações disciplinares, podendo ser mutável e adaptável. A Física, a Química, a Biologia e outras áreas podem sair da sala de aula e participar da vida dos alunos, e estes podem ser agentes ativos do processo e não meros espectadores da própria vida.

Pelos argumentos e resultados apresentados, acredita-se que este trabalho deve ser realizado em conjunto com os professores de Língua Portuguesa, pois a interpretação e criação de argumentos sólidos e satisfatórios passam pela produção textual e pela educação científica e tecnológica, visto que os modestos trabalhos encontrados na literatura versam apenas sobre a possibilidade de apresentar aos alunos tópicos motivacionais acerca das inovações científicas (PEREIRA; HONÓRIO; SANNOMIYA, 2010).

Finalmente, pode-se concluir que a implementação conseguiu atingir o tema de Nanociência, para a maioria dos alunos, de forma satisfatória em termos de motivação e sensibilização sobre a área. Ressalta-se, nessa linha, que os posicionamentos apresentados nas dissertações dos alunos acerca do tema foram os mais diversos. O fato de cerca de 50% dos alunos apresentarem nota inferior a 6,0, ancora-se no fato de os textos por esses apresentados não estarem completos, ou não possuírem a metodologia solicitada pela professora de Redação-Português, demonstrando a preocupação interdisciplinar neste trabalho.

## CONCLUSÕES

Após o conjunto de atividades desenvolvidas e completadas, as quais permearam questionamentos iniciais, demonstrações computacionais, textos de divulgação científica e processo diferenciado de avaliação, importante destacar que o objetivo mais significativo desta sequência metodológica estava relacionado com despertar nos alunos o interesse quanto ao assunto abordado, bem como estimular a busca por outros temas atuais.

As demonstrações computacionais auxiliaram no processo de ensino aprendizagem, no que diz respeito à visualização da fragmentação de corpos macroscópicos, para compreender o aumento da área superficial. Além disso, foram de grande valia para a apresentação dos exemplos adotados.

Em relação aos textos de divulgação científica, destaca-se a necessidade de que eles sejam lidos em casa, com antecedência, para uma discussão posterior em sala de aula. Ressalvamos que um dos textos, no caso o texto *Nanociência*, não atingiu por completo o seu objetivo, por apresentar uma linguagem muito sofisticada e de difícil compreensão por parte dos alunos. Já textos como a *Nanociência de baixo custo em casa e na escola* e também o texto *Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio* mostraram-se muito úteis para a compreensão mais ampla do assunto abordado. Desta forma, observamos que textos de divulgação científica podem e devem ser utilizados em aulas de Física, desde que muito bem escolhidos, dentro de um contexto educacional que o aluno tenha os elementos mínimos que permitam a sua compreensão. Em suma, os textos de divulgação são uma poderosa ferramenta no processo de ensino-aprendizagem desde que adotados corretamente.

Em relação ao MD, podemos concluir que, após a análise das respostas dos questionamentos e também da leitura dos textos, o assunto foi satisfatoriamente absorvido pelos alunos, pois na leitura das dissertações encontramos a preocupação com as implicações positivas e negativas trazidas pela manipulação atômica e molecular e também uma tomada de posição frente ao tema.

A produção textual como ferramenta de avaliação mostrou-se muito eficiente, uma vez que os alunos usaram argumentos pertinentes a respeito do que havia sido explanado, mostrando-se uma poderosa ferramenta para reconhecer a compreensão dos alunos acerca do tema.

Finalmente, podemos concluir que o trabalho atingiu seus objetivos, mostrando que o MD foi satisfatório na contribuição à compreensão do assunto em destaque. Pode-se concluir, portanto, que a implementação pioneira e a proposta metodológica adotadas conseguiram abordar, ainda que preliminarmente, o tema de Nanociência de forma satisfatória, motivando a maioria dos alunos e sensibilizando-os adequadamente sobre área bastante complexa e contemporânea.

## REFERÊNCIAS

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

GOODSELL, D. S. **Bionanotechnology: lesson of nature**, Wiley-liss. EUA, 2004.

HEALY, N. Why Nano Education? **Journal of Nano Education**, EUA, v. 1, n. 01, p. 6-7, 2009.

KNOBEL, M. Partículas Finas: Superparamagnetismo e Magnetoresistência Gigante. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p.387-395, 2000.

KNOBEL, M.; GOYA, F. G. Ferramentas magnéticas na escala do átomo. **Scientific American Brasil**, v. 31, n. 5, p. 58-66, 2004.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hiperímia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.

- MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio” (2000) Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5\\_n1\\_a2.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm)>. Acesso em: 29 jun. 2008.
- OSTERMANN, F.; PEREIRA, A. **Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: Uma revisão da produção acadêmica recente**. (2009) Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID224/v14\\_n3\\_a2009.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID224/v14_n3_a2009.pdf)>. Acesso em: 2 jun. 2010.
- PEREIRA, F.; HONÓRIO, K.; SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: Desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino Fundamental. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p.73-77, 2010.
- PIRES, M. A.; VEIT, E. A. Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 241-248, 2006.
- SANTUCCI, J. Nanotecnologia: a revolução invisível. **Revista do CREA**, Ano IV, n. 48, p. 13-17, 2008.
- SCHULZ, P. A. B. O que é Nanociência e para que serve a Nanotecnologia?. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 58-62, 2006.
- SCHULZ, P. A. B. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Física na Escola**, v.8, n.1, p. 4-9, 2007.
- SILVA, S. L. A; VIANNA, 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, p. 172-178, 2009.
- TOMA, E. H. **O Mundo Nanométrico: a dimensão do novo século**. Oficina de Textos, São Paulo, 2004.
- TOMA, H.; ARAKI, K. Nanociência. **Ciência Hoje**, v. 37, n. 217, p. 24-31, 2005.
- VASCONCELOS, C.; PRAIA, J.; ALMEIDA, L. S. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia escolar educacional**, v. 7, n. 1, p. 11-19, 2003.

-----  
RECEBIDO EM: 01.02.2014.

CONCLUÍDO EM: 01.04.2014.

