

(3) Destaque para a escala: “*A escala nano é muito pequena*” e “*Representa um bilionésimo do metro*” acompanhada da questão “*Será que conseguimos chegar lá?*”. As frases foram incluídas no sentido de estimular a execução do experimento que é proposto logo em seguida.

(4) Apresentação de um experimento envolvendo o uso de papel A4 e tesoura. A experimentação proposta por Ostermann (2001) reproduzida por nós no vídeo, ilustra a incapacidade de atingir manualmente, sem o uso de equipamentos modernos, a escala nano. O experimento consiste no corte sucessivo do papel A4 ao meio com o auxílio de uma tesoura.

(5) Diante da negativa em atingir a escala nano constatada na experimentação do papel A4, o vídeo aponta equipamentos e diversos exemplos de materiais nanotecnológicos construídos pelo ser humano. Para dar ênfase ao aspecto da construção da Ciência, é apresentada a frase: “*Descubra o que o ser humano é capaz de fazer...*”. Além disso, a afirmação “*Nós seres humanos podemos medir e manipular a matéria na escala nano*”, com a intenção de refletir sobre a capacidade dos seres humanos envolvida no desenvolvimento da Nanotecnologia.

(6) Além dos exemplos nanotecnológicos, o vídeo lança frases na perspectiva de convite para discussão do tema, tais como, “*Refleta...*”, “*... questione criticamente*” e “*Participe desse debate*”. De modo incisivo foram incluídas problematizações que o tema trouxe para a sociedade, em função do campo desconhecido que se depara esta nova Ciência. Sendo elas: “*O que a nanotecnologia tem a ver com você?*”, “*As nanopartículas podem ser perigosas para o ser humano e para o meio ambiente?*”, “*Uma vez penetrada nas células dos seres vivos, para onde vão?*”, “*Quais os efeitos sobre o DNA, sistema imunológico e trato cardiorrespiratório?*” e “*Quais os riscos e as consequências?*” O intuito aqui é convencer da importância da participação na discussão do tema.

(7) Por fim, o vídeo explora a frase “*Aventure-se no mundo nano!*” com a finalidade de mostrar o lado desconhecido do tema, uma vez que não é de domínio pleno dos cientistas e da sociedade os malefícios da Nanotecnologia.

4 Apresentação e discussão do blog

Para ampliar os temas abordados no vídeo, o blog apresenta postagens em linguagem adaptada para estudantes da Educação Básica, permitindo a inserção de comentários e o estabelecimento de diálogos sobre o tema. Sem compromisso de sequência didática, os tópicos apresentados no blog são os seguintes:

(1) “*Sobre a escala nano*” que explica a ordem de grandeza e abrangência da escala nano.

(2) “*Sobre o experimento de tesoura e papel*” que discute o experimento e explica como o mesmo pode ser reproduzido. Além disso, através da frase “*É impossível fazer tantos cortes manualmente e visualizar os constituintes da folha A4 diretamente*” alerta para a dimensão da escala. São apresentados valores aproximados da dimensão de átomos e núcleos em nanômetros.

(3) “*Mecânica Quântica: a linguagem da nanotecnologia*” explica essencialmente o que diferencia a Física Quântica da Física Clássica. Discute a importância da Física Quântica para o desenvolvimento da Nanotecnologia e Nanociência e apresenta eventos históricos que marcaram o seu surgimento.

(4) “*Observação e manipulação do mundo nano*” que apresenta o princípio de funcionamento do microscópio de varredura por sonda e do microscópio de força atômica utilizados para visualização e manipulação da matéria na escala nano, bem como para a produção de novos materiais. Também é mencionada a produção de filmes sólidos com controle de espessura em escala atômica.

(5) “*O que muda na escala nano*” que discute modificações significativas que ocorrem nas propriedades dos objetos quando a escala nano é atingida. Ainda a questão da auto-organização utilizada na definição de novos produtos e materiais.

(6) “*Algumas possibilidades da nanotecnologia*” apresenta setores de aplicações da nanotecnologia, como indústria química, cosméticos, agricultura, indústria automobilística e eletrônica: “*Na eletrônica os avanços em nanotecnologia tem permitido a miniaturização de processadores e sensores.*” Algumas propriedades dos nanotubos de carbono são citadas.

(7) “*Vídeo*”: convida o usuário a acessar o vídeo. Apresenta a foto inicial do vídeo que funciona como link para rodar o mesmo.

Cada um dos tópicos acima está disposto em uma página separada. Seu acesso é feito através do título que fica na parte superior do blog e funciona como um link para entrar no conteúdo de interesse.

5 Interações possibilitadas pela mídia

A hipermídia foi apresentada por um dos autores deste artigo, para licenciandos em Física, no ano de 2014, em disciplina de Metodologia para o Ensino de Física, no Instituto Federal Catarinense (IFC). Com o objetivo de discutir o tema, como também as possibilidades da utilização da hipermídia na educação básica. Já no ano de 2016, a hipermídia foi utilizada pelo outro autor do artigo, no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) com estudantes do curso técnico em Química. Neste caso, o objeto educacional foi usado para a abordagem da N&N, na unidade curricular de Físico-Química II.

Nas duas situações, o usuários (licenciandos e estudantes) foram convidados a interagir com os autores e entre si, através da postagem de comentários, cujo espaço foi aberto em cada um dos tópicos do blog.

Ao analisar o número de comentários nos tópicos do blog, observamos que o maior impacto foi com relação ao vídeo, que teve o maior número de comentários, como pode ser visto na figura 4, abaixo.

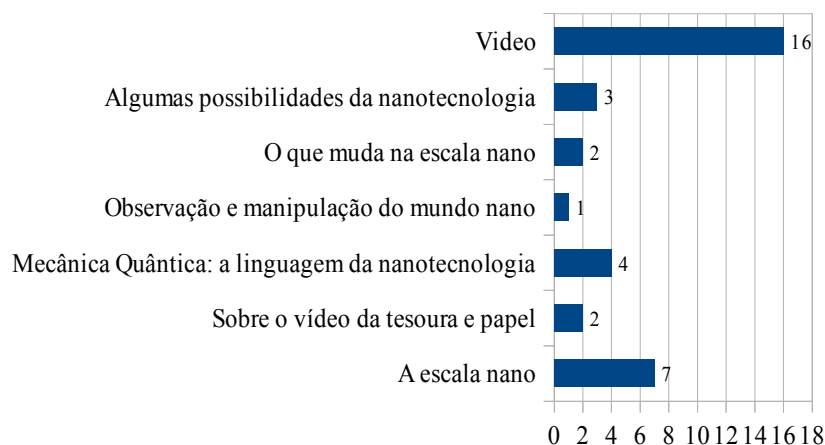


Figura 4 - Número de comentários em cada um dos tópicos do blog

Pela figura acima, pode ser observado que a questão da escala também obteve um bom número de comentários (7), o que se destaca em relação aos outros tópicos com um número de comentários entre 1 e 4.

Através da análise do conteúdo das postagens no blog, apresentada na figura 5, pode-se perceber o impacto da hipermídia e a receptividade do conteúdo nano pelos estudantes da licenciatura e do Ensino Médio.

	Apontamentos dos estudantes do EM	Apontamentos dos licenciandos
Nanociência e Nanotecnologia	<ul style="list-style-type: none">- Percepção que a N&N é multidisciplinar.- Percepção das várias possibilidades propiciadas pelo avanço da Ciência.- Comentários sobre a capacidade de manipular e ver a matéria na escala nano com o uso dos microscópios.	<ul style="list-style-type: none">- Possibilidade de aprofundamento em discussões sobre constituição da matéria.- Sugestão de utilização de analogias para a aproximação com a escala.- Percepção da presença da Nanotecnologia em componentes eletrônicos e na medicina.
Hipermídia	<ul style="list-style-type: none">- Possibilitou o entendimento da N&N.- Possibilitou o entendimento da escala nano.- Material de fácil compreensão.- O experimento de tesoura e papel auxiliou no entendimento da escala.- Auxiliou na compreensão da Mecânica Quântica.- Compreensão das aplicações da Nanotecnologia.- Incentivo à pesquisar sobre Nanotecnologia.	<ul style="list-style-type: none">- Despertou curiosidade com relação ao tema.- Permitiu visualizar possibilidades da N&N.- Mostra a impossibilidade de chegar à escala nano manualmente.

Figura 5 - Comentários sobre o tema e sobre a hipermídia

Fonte: elaborado pelos autores. Dados do blog em 5/5/2017.

6 Considerações finais

O desenvolvimento da N&N são resultado da produção humana, são de grande abrangência e tem impactos globais. Em busca da miniaturização evoluímos da eletrônica para a microeletrônica e para a nanoeletrônica. Avanços possibilitados pela contribuição de várias Ciências, a exemplo da Química Quântica e da Física Quântica.

Conhecer minimamente os princípios, conceitos, processos, envolvidos na N&N é necessário à Alfabetização Científica dos estudantes da Educação Básica. Afinal o exercício da cidadania e o debate sobre as tecnologias, processos, produtos produzidos com a evolução da Nanotecnologia requer conhecimento.

Como dizem Ellwanger, et al. (2012) a Nanociência e a Nanotecnologia precisam ser incluídas na educação dos estudantes, para que desenvolvam um senso crítico com relação às inovações tecnológicas desenvolvidas atualmente. Este senso crítico pode envolver o questionamento/debate sobre as consequências de utilização de nanopartículas em tratamentos médicos e de estética corporal. Em países da Europa, como por exemplo, a França, o tema é amplamente debatido, conforme podemos evidenciar na *wikipédia* francesa (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Nanotechnologie>).

Através da análise do conteúdo dos comentários, evidenciamos que a hipermídia que desenvolvemos possibilitou a discussão do tema com estudantes e com licenciados, despertando o interesse pelo seu aprofundamento. Concluímos também que a linguagem utilizada, direcionada aos usuários, aliada ao objeto desenvolvido (vídeo/blog) contribuiu na aprendizagem dos assuntos.

O blog possibilitou fazer comentários sobre o vídeo, neste aspecto as duas mídias utilizadas no objeto educacional se complementaram. Percebemos que a página sobre o vídeo recebeu o maior número de comentários, evidenciando positivamente a sua utilização e eficiência no entendimento do tema. O material poderá ser utilizado por outros professores, sendo uma contribuição à escassez de materiais didáticos sobre N&N como apontado em artigos que acessamos (Pereira, et al., 2010; Jesus e Higa, 2014). Sugerimos sua utilização como organizador prévio para motivar os estudantes ao estudo do tema.

Podemos concluir que pelo fato de o objeto educacional ser de acesso aberto, democratiza a incursão no assunto. Permite que usuários interessados se aproximem e/ou enriqueçam seus conhecimentos sobre N&N. Dois estudantes, através de comentários postados, afirmam que irão indicar o material para familiares e amigos, que tem curiosidade no assunto. O vídeo elaborado e postado no *youtube* teve um número de acessos considerável (mais de mil e duzentos até maio de 2017), com um número crescente de visualizações entre 2012-2017. Neste ponto, além de ser uma material didático, o vídeo pode constituir-se também em material de divulgação científica.

Referências bibliográficas

ANELE, C. I. F.; CARNEIRO, M. L. Construindo Vídeos: Autoria e Interação Favorecidas no Laboratório de Informática de Escola Pública. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, n. 3, p. 1-10, dez. 2012.

ELLWANGER, A. L.; ROSSATO, J.; GRANADA, M.; BERTOLUZZI, V. I.; FAGAN, S. B. O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 1-10, jul. 2012.

HARTMANN, Â. M.; FLÔRES, M. L. P.; MARTINS, M. A. R.; WELANG, R. B.; ALVARENGA, A. M.; SCHMIDT, A. M.; HALMENSCHLAGER, K.; SILVEIRA, D. S.; PACHECO, G. Transformando experiência em conhecimento durante oficinas para uso de programas computacionais no contexto escolar. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, n. 3, p. 1-10, dez. 2012.

JESUS, I. P.; HIGA, I. Nanotecnologia e Ensino Médio: uma revisão bibliográfica sobre propostas didáticas. In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – SINECT, 4, 2014, Ponta Grossa – PR. Anais. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Sinetec, 2014. Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/2014/down.php?id=3172&q=1>>. Acesso em: 5 mar. 2016.

OLIVEIRA, M. L.; ANTUNES, A. M.; TELLES, M. P. C.; MORAIS, S. M. T. S. Genética na TV: o Vídeo Educativo como Recurso Facilitador do Processo de Ensino-Aprendizagem. **Revista Eletrônica Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, n. 1, p. 27-42, mai. 2012.

OSTERMANN, F. **Partículas elementares e interações fundamentais**. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2001. 74 p. (Textos de apoio ao professor de Física, n. 12)

PEREIRA, F. D.; HONÓRIO, K. M.; SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: Desenvolvimento de Materiais Didáticos para uma Abordagem no Ensino Fundamental. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 73-77, mai. 2010.

QUINTILI, M. Nanociencia y Nanotecnología... un mundo pequeño. **Cuaderno 42**, Centro de Estudios en Diseño y Comunicación, Buenos Aires, Argentina, pp 125-155, set. 2012.

RAMOS, D. A.; TAKAHASHI, E. K.; KAGIMURA, R. Conciliação entre pesquisa científico-tecnológica e a área de ensino: lições sobre propriedades físicas de novos materiais de carbono para o Ensino Médio. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF, 14, 2012, Maresias, São Sebastião, SP. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física/XIV EPEF, 2012. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xiv/sys/resumos/T0079-1.pdf>>. Acesso: nov. 2012.

REBELLO, G., A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE, W., L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P., M. L. e SILVA, J., F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo v. 34, n. 1, p. 3-9, fev. 2012.

SHULZ, Peter, A. B. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Física na Escola**, v. 8, n. 1, mai. 2007.

SHULZ, Peter, A. B. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, mai. 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. Física para o Brasil: pensando o futuro. Editores: Almor Chaves e Ronald Cintra Shellard. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005, 248 p.