

MAGDA SUZANA NOVO

**NANOCIÊNCIAS, NANOTECNOLOGIA:  
uma visão desde seu nascimento até apresentação das temáticas à sociedade**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências: Química da Vida e da Saúde, da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Educação em Ciências.

Orientadora: Dra. Laura Geracitano

Linha de Pesquisa:  
Educação Científica: Produção Científica e Avaliação de Produtividade em Ciência.

RIO GRANDE  
2013

Dedico esta tese a minha mãe, que infelizmente não está mais comigo, mas que pôde acompanhar parte desse processo, compreendendo sempre minhas ausências em função do trabalho e estudos. Neste momento tenho certeza que estaria tão ou mais feliz do que eu. Embora não possa comemorar com ela essa conquista, agradeço todo carinho, comprometimento e confiança que sempre depositou em mim, incentivando sempre meus estudos.

## AGRADECIMENTOS

A meus pais pelos anos de dedicação e pelo incentivo em minha formação.

A meu marido e filha pela compreensão de minha ausência em tantos momentos, os quais me dediquei exclusivamente aos estudos, para concluir este trabalho.

A minha orientadora e amiga Dra. Laura Geracitano, pela constante disponibilidade em me acompanhar e auxiliar na realização deste trabalho.

A minha extra-oficial co-orientadora e amiga Profa. Dra. Fernanda Antoniollo Hammes de Carvalho, pela disponibilidade, paciência e ensinamentos no decorrer do curso e no desenvolvimento desta tese.

A Professora e amiga Dra. Paula Henning, pela disponibilidade e ensinamentos no decorrer do curso e em parte da pesquisa.

A amiga Profa. Lourdes dos Santos pelas correções de português.

Aos professores do Curso pelo conhecimento compartilhado.

Ao Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande, pela qualidade do ensino oferecida durante o curso.

## RESUMO

Esta tese, produzida no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, na linha de pesquisa “Educação Científica: Produção Científica e Avaliação de Produtividade em Ciência”, objetivou a análise da trajetória das nanociências e da nanotecnologia desde suas origens até a apresentação dessas temáticas à sociedade, incluindo o papel da educação informal e formal. Foram objetivos específicos: levantar o momento histórico em que as nanociências e nanotecnologia surgem no campo científico e sua relação com as matérias divulgadas pelas revistas *Veja* e *Scientific American*; levantar e caracterizar a divulgação científica promovida pela educação informal, em especial por essas revistas; investigar e analisar o conhecimento que professores possuem sobre os temas nanociências e nanotecnologia. Inicialmente, a fim de conhecer aspectos históricos das nanociências e da nanotecnologia, foi levantado na *Web of Science* trabalhos que continham as palavras-chave *Nanoscience* e *Nanotechnology*. Nesse estudo foi realizado um recorte utilizando como critério as palavras-chave relacionadas à Biologia e à Saúde elencadas nas matérias, das revistas *Veja* e *Scientific American*, publicadas de junho de 2009 a junho de 2010. Para obter um padrão de relacionamento entre as palavras usadas na base de pesquisa, utilizou-se o programa *Citespace*, o qual mostra a relação entre os tópicos utilizados, bem como momentos de explosão e ruptura dos temas. A interpretação das tabelas e gráfico obtidos permitiu concluir que trabalhos sobre essa temática surgiram de forma significativa a partir da década de 80, embora explosões e rupturas sejam observadas após 1991. Ao ter o olhar voltado para as áreas biológicas e da saúde constatou-se que trabalhos referentes a essas aparecem após 2006, estando em sua maioria relacionados à nanomedicina. Há um aumento no número de trabalhos sobre nanotoxicologia a partir de 2007, o que pode ser considerado um fato natural devido a amplas pesquisas visando à aplicação nano em seres humanos. Num segundo momento da pesquisa, partindo das publicações científicas, passou-se a analisar a inserção da temática na educação informal. Considerando que as revistas, *Veja* e *Scientific American*, têm dentre seus objetivos levar novidades científicas para a sociedade, realizou-se um acompanhamento das matérias sobre nanociências e nanotecnologia divulgadas nessas mídias, no período de junho de 2009 a junho de 2011, com o objetivo de levantar e caracterizar a divulgação científica promovida pelas referidos artefatos culturais nessas áreas. No acompanhamento das reportagens foram consideradas as seguintes variáveis: número de artigos publicados, conteúdo da reportagem e área do conhecimento envolvida, fontes de informação utilizadas, benefícios e riscos da utilização da nanotecnologia. Os resultados obtidos demonstram que ambas as revistas, apesar de apresentarem somente o lado positivo da utilização da nanotecnologia, desempenham papel importante como meio de educação informal, uma vez que fazem a divulgação dos avanços científicos nesta área. Numa terceira etapa do estudo, realizou-se uma enquete com professores da educação básica participantes do curso de extensão *on line*, intitulado “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia”, oferecido através da plataforma *moodle* da FURG. O *corpus* da pesquisa emergiu das respostas produzidas pelos docentes. Este artigo objetivou investigar e analisar o conhecimento que esses profissionais possuem sobre esses temas, bem como as fontes desses conhecimentos e com que finalidade buscam esse tipo de informação. Os resultados apontam que apesar de possuírem um conhecimento inicial, os conceitos são muitas vezes equivocados e /ou insuficientes e que o contato com o assunto ocorreu principalmente através de artefatos culturais. Finalmente, articulando os resultados alcançados ao longo do estudo, é possível defender a tese de que a divulgação informal de temas relacionados às nanociências e nanotecnologia, apesar de estar diretamente relacionada com as novidades científicas na área, não está dando conta, de forma apropriada, de disseminar esses conhecimentos para a sociedade, fazendo-se necessária a exploração dessas temáticas na educação formal. Para que isso aconteça é preciso promover a atualização docente nesse campo de estudo. Nesse sentido, para que a educação em ciências avance, aponta-se a necessidade de investir em cursos de formação continuada para professores no campo da nanociências. Aqui destaca-se a contribuição valiosa do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono (INTC-NC), o qual tem fomentado cursos de formação continuada, pois o sucesso da abordagem do tema na educação formal ocorrerá à medida que os professores tiverem seus saberes ampliados.

**Palavras-chave:** Nanociências. Nanotecnologia. Divulgação Científica. Educação Informal. Educação Formal.

## ABSTRACT

This dissertation, developed in the Post-graduation Program in Science Education: Life and Health Chemistry, in the research field “Scientific Education: Scientific Production and Productivity Evaluation in Science”, aimed at the trajectory analysis of nanosciences and nanotechnologies from their origin to their presentation to society, including the role of formal and informal education. As specific goals: identify the historical moment in which nanosciences and nanotechnologies arise in the scientific field and their relation with the reports published by *Veja* and *Scientific American* magazines; identify and characterize the scientific divulgation promoted by informal education, in special by these magazines; investigate and analyze the knowledge teachers have about the nanosciences and nanotechnology themes. At first, in order to get to know historical aspects of nanosciences and nanotechnology, works that had the key-words *Nanoscience e Nanotechnology* were identified in the *Web of Science*. In this study a cut was made using as criterion the key-words related to Biology and Health listed in the reports of *Veja e Scientific American* magazines, published between June, 2009 and June, 2010. To obtain a relationship pattern among the words used in the research base, the *Citespace* software, which shows the relation among the topics used, as well as moments of explosion and rupture of the themes, was used. The interpretation of tables and graph obtained allowed to conclude that works on this thematic arose significantly in the 80’s, although explosions and ruptures are observed after 1991. When having our eyes turned to the biological and health areas, we realize that works related to them appear after 2006, most of which being related to nanomedicine. There is an increase in the number of works on nanotoxicology from 2007 on, which we consider a natural fact due to ample research aiming at nano application in human beings. In a second research moment, starting from the scientific papers, we started analyzing the insertion of this thematic in informal education. Considering that *Veja* and *Scientific American* magazines have, among their goals, bringing scientific news to the society, reports on nanosciences and nanotechnologies published in these medias were followed between June, 2009 and June, 2011, aiming at identifying and characterizing the scientific divulgation promoted by these cultural artifacts on these issues. The following variables were considered when analyzing the reports: number of published articles, report content and area of knowledge involved, sources of information used, benefits and risks of nanotechnology utilization. The results obtained show that both magazines, despite presenting only the positive side of using nanotechnology, play an important role as an informal means of education, once they publicize the scientific advancement in this area. In a third step of this study, a survey was conducted with elementary school teachers, participants of the online extension course called “Beyond the didactic book: nanosciences, nanotechnology and nanotoxicology”, provided by FURG’s *moodle* platform. The research *corpus* emerged from the answers given by the teachers. We had as goals to investigate and analyze the knowledge these professionals have about these themes, as well as the sources of this knowledge and why they search for this kind of information. The results suggest that despite having an initial knowledge, the concepts are, many times, mistaken and/or insufficient and that the contact with the issue happened mainly through cultural artifacts. Finally, by joining the results obtained throughout the study, it is possible to defend the thesis that the informal divulgation of themes related to nanosciences and nanotechnology, despite being directly related to scientific news in the area, does not appropriately account for the dissemination of this knowledge to society, making it necessary to explore this thematic in formal education. In order to make it happen, it is necessary to promote teacher’s updating education in this field of study. In this sense, so that education in sciences can advance, we point out the need to invest in continuous education courses on nanosciences for teachers. We highlight the valuable contribution of National Institute of Science and Technology in Carbon Nanomaterials ( INTC-NC), which has provided courses on continuous education, for the success of approaching the theme in formal education will take place insofar as teachers have their knowledge increased.

**Key-words:** Nanosciences. Nanotechnology. Scientific Divulgation. Informal Education. Formal Education.

## LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
BIBENG	Biblioteca da Escola de Engenharia da UFRGS
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNTs	Nanotubos de Carbono
CT	Ciência e Tecnologia
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
IBM	International Business Machines
ICB	Instituto de Ciências Biológicas
INCT – NC	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono
NTs	Nanotubos
NPs	Nanopartículas
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
SEAD	Secretaria de Educação a Distância
SPM	Scanning Probe microscope
STM	Scanning Tunneling microscope
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UNEP	United Nation Environmental Programme

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Um pouco de minha trajetória .....</b>	<b>14</b>
<b>2 ARTIGOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 PADRÃO DE RELACIONAMENTO ENTRE AS NANOCIÊNCIAS, SAÚDE E BIOLOGIA: UM LEVANTAMENTO HISTÓRICO UTILIZANDO O PROGRAMA <i>CITESPACE</i> .....	16
2.1.1 Resumo .....	16
2.1.2 Introdução .....	16
2.1.3 Metodologia.....	19
2.1.4 Resultados e Discussão .....	21
2.1.5 Considerações finais .....	29
2.1.6 Referências .....	31
2.1.7 Anexo.....	35
2.2 EDUCAÇÃO INFORMAL E NANOCIÊNCIAS: ANÁLISE DA TEMÁTICA NAS REVISTAS VEJA E SCIENTIFIC AMERICAN.....	36
2.2.1 Resumo .....	36
2.2.2 Abstract .....	36
2.2.3 Introdução .....	37
2.2.4 Percurso Histórico da nanotecnologia .....	38
2.2.5 Divulgação científica: o papel da educação informal.....	40
2.2.6 Metodologia da pesquisa.....	42
2.2.7 Resultados e Discussão .....	43
2.2.8 Considerações Finais .....	49
2.2.9 Referências .....	50
2.3 NANO E A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: CONCEPÇÃO DOS PROFESSORES DO ENSINO BÁSICO.....	54
2.3.1 Resumo .....	54
2.3.2 Abstract .....	54
2.3.3 Introdução .....	55
2.3.4 A ciência na educação formal.....	57
2.3.5 Objetivo .....	59

<b>2.3.6 Metodologia.....</b>	<b>60</b>
<b>2.3.7 Análise e discussão dos dados.....</b>	<b>61</b>
<b>2.3.8 Considerações finais.....</b>	<b>71</b>
<b>2.3.9 Referências.....</b>	<b>72</b>
<b>2.3.10 Anexo.....</b>	<b>76</b>
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>
<b>5 ANEXOS.....</b>	<b>91</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A temática central do trabalho apresentado é a divulgação científica das nanociências e nanotecnologia, áreas que apresentam grande expressão no cenário científico e histórico atual. A abordagem envolveu a educação formal e informal, podendo essa última ser considerada uma grande aliada da educação em ciências, uma vez que vivemos em uma sociedade altamente dinâmica, em que a ciência e a tecnologia são mutantes, exigindo permanente atualização dos docentes.

As nanociências e nanotecnologia referem-se, respectivamente, ao estudo de estruturas que apresentam tamanho muito reduzido e da aplicação tecnológica destas para produção de novos materiais. Essa notável tecnologia contempla, segundo Toma (2004), a dimensão física representada por uma unidade equivalente a um bilionésimo do metro, o nanômetro. Sendo, portanto, resultado da crescente capacidade de manipulação de átomos e de moléculas, cuja observação requer microscópios especiais.

Essas áreas podem ser consideradas bastante atuais na história das ciências. Um fato marcante na trajetória da nanotecnologia foi a palestra proferida por Richard Feynman, em 1958, no Instituto de Tecnologia da Califórnia, intitulada *There's plenty of room at the bottom* (Há mais espaços lá embaixo). Em seu discurso, ele levantou as possibilidades da utilização de nanomateriais, dando como exemplo a possibilidade de condensar todos os volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete e fazendo ainda referência a objetos, como computadores, que poderiam ser otimizados com o emprego dessa tecnologia. Outra divulgação significativa da nanotecnologia ocorreu em 1986, quando Eric Drexler publicou o livro *Engines of creation: The coming era of nanotechnology*, que se refere à construção de máquinas em escala molecular, de apenas alguns nanômetros de tamanho.

O avanço nas pesquisas científicas na área nanotecnológica se deve a síntese de nanopartículas, que passaram a ser aplicadas na confecção de diversos tipos de materiais. Entre essas cabe destacar as descobertas químicas sobre as diversas possibilidades de ligação entre dois átomos de carbono adjacentes. Entre os nanomateriais de carbono, destacam-se os fulerenos, os nanotubos de carbono e o grafeno sintetizados, respectivamente, por Kroto em 1985, Iijima em 1991 e Geim e Novoselov em 2004.

A partir desse período, ocorreu um aumento significativo de pesquisas no campo científico-tecnológico, com a produção de diversos tipos de nanopartículas, que passaram a ser incorporadas a uma grande variedade de produtos disponíveis no mercado, levando essa área ao patamar de emergente no contexto histórico atual. Assim, nanociências e

nanotecnologia atravessam nosso cotidiano, uma vez que as novidades científico-tecnológicas chegam à sociedade sem que a grande maioria da população tenha conhecimento a seu respeito.

Sem dúvida, torna-se difícil o acompanhamento constante da realidade científica na qual estamos inseridos, principalmente devido à pouca abordagem das temáticas científicas emergentes na educação formal. Para que ocorra a divulgação das nanociências e nanotecnologia nesse nível, é necessário criar possibilidades de acesso a informação pelos alunos e alternativas de formação profissional para os docentes.

Nesse aspecto destacamos algumas alternativas para aproximar professores e alunos dessa abordagem. O site Nanociências no Ensino Básico, <https://sites.google.com/site/nanociencianoensinobasico/>, permite obter informações variadas e ilustradas sobre o tema, participar de grupos de discussão, conhecer nanoprodutos disponíveis no mercado, assistir vídeos, bem como fazer download de arquivos para trabalhar em sala-de-aula. Outra possibilidade, direcionada para crianças e adolescentes, é apresentada pelo Museu Exploratório de Ciências, Nanoaventura, <http://www.museudeciencias.com.br/programas/nanoaventura/index>, que possui em sua programação a exposição interativa, que busca atrair o interesse do público, para as nanociências e nanotecnologia, através de um espaço de aprendizado e divertimento.

Ainda nesta perspectiva de divulgação cabe destacar algumas iniciativas de outros países, como o livro Nanoscience Education, Workforce Training and K-12 Resources, direcionado para educadores e estudantes, como uma nova fonte de ensino de ciências, incentivando os alunos a “ligarem os pontos” do mundo nano ao cosmos. (FEATHER, AZNAR, 2010). Nesse sentido destacamos também o site europeu nanoforum, <http://www.nanoforum.org/>, considerado a “porta de entrada” para a nanotecnologia, uma vez que trata da temática em vários setores da sociedade, entre eles na educação.

As ações supracitadas, são fundamentais para levar à sociedade informações sobre a temática abordada, pois permitem que a educação formal se faça presente na divulgação científica, o que é extremamente relevante na educação em ciências, uma vez que essa deve promover a articulação entre novos saberes e o cotidiano escolar, pois vivemos em uma sociedade na qual a tecnologia intervém na vida de todos de forma direta ou indireta.

Assim, considerando o escasso conhecimento da sociedade a respeito da nanotecnologia e nosso interesse em verificar a abordagem da temática nos artefatos culturais e na educação formal surgiram inquietações: *Como surgiram as nanociências e a nanotecnologia? A educação informal, como as revistas, colabora para a divulgação das*

*nanociências e da nanotecnologia? São fontes confiáveis de conhecimento? As novidades científicas na área das nanociências e da nanotecnologia, divulgadas pelas revistas, estão de acordo com as mais recentes pesquisas produzidas na área? A educação formal contribui para essa divulgação? Os professores de ciências têm condições de explorar o tema em sala de aula?*

As problemáticas anteriormente mencionadas, aproximadas de um maior conhecimento na área, através da interação com o grupo de pesquisa e com os professores do curso direcionaram essa pesquisa na qual defendemos a seguinte tese: *a divulgação informal de temas relacionados às nanociências e nanotecnologia, apesar de estar diretamente relacionada com as novidades científicas na área, não atende satisfatoriamente a disseminação desses conhecimentos para a sociedade, fazendo-se necessária a exploração dessas temáticas na educação formal. Para que isso aconteça é necessário promover a atualização docente nesse campo do saber, podendo ser a capacitação a distância um grande aliado dos profissionais que atuam na educação em ciências.*

Diante da necessidade de defendermos a referida tese, o estudo apresentado objetivou a análise da trajetória das nanociências e da nanotecnologia desde sua origem até a apresentação das temáticas à sociedade, incluindo o papel da educação informal e formal. A partir dos objetivos específicos deste trabalho, buscamos levantar o momento histórico em que as nanociências e nanotecnologia surgem no campo científico e verificar sua relação com as matérias divulgadas pelas revistas *Veja* e *Scientific American*; levantar e caracterizar a divulgação científica promovida pela educação informal, em especial pelas revistas *Veja* e *Scientific American*, nessa área; investigar e analisar o conhecimento que professores da rede básica possuem sobre o tema das nanociências e nanotecnologia.

Os objetivos acima apresentados nortearam a organização da tese, a qual está estruturada a partir da elaboração de três artigos, elaborados à medida que o trabalho avançava, em função de responder as questões iniciais do estudo.

O primeiro artigo intitulado Padrão de relacionamento entre as nanociências, saúde e biologia: um levantamento histórico utilizando o programa *Citespace* (Chen,2005), objetivou levantar o momento histórico em que as nanociências e nanotecnologia surgem no campo científico e verificar sua relação com as matérias divulgadas pelas revistas *Veja* e *Scientific American*. O levantamento bibliográfico, neste campo científico, foi realizado através de pesquisa na base de dados acadêmicos *Web of Science*, estabelecendo como categoria de análise a busca por palavras-chave escolhidas a partir das elencadas nas matérias sobre nanociências e nanotecnologia divulgadas nas revistas *Veja* e *Scientific American*, no período

de junho de 2009 a junho de 2010 (1º ano de análise do presente trabalho). Nas revistas escolhidas para seleção das matérias, a escolha das palavras-chave tinha por base o fato de estarem relacionadas à Biologia e à Saúde. Os dados levantados foram lançados no programa *Citespace* – utilizado para encontrar relações com base em dados bibliográficos. Esse programa mostrou, através da relação entre as palavras-chave escolhidas, os momentos históricos em que começaram a emergir trabalhos na área e também períodos de explosão e ruptura dos temas em questão. Esse artigo encontra-se no prelo, na Revista História, Ciência e Saúde - Manguinhos.

O segundo artigo, intitulado Educação informal sobre as nanociências: análise da temática nas revistas *Veja* e *Scientific American*, objetivou levantar e analisar a divulgação informacional e científica abordadas pelas revistas *Veja* e *Scientific American*. Para isso, acompanhamos reportagens sobre os temas nanociências e nanotecnologia nas revistas acima mencionadas entre junho de 2009 a junho de 2011. Através da leitura das matérias, foram estabelecidos estes elementos de análise: temas e áreas do conhecimento envolvidas nas reportagens, fontes de informação utilizadas, recursos visuais, benefícios e riscos derivados da utilização da nanotecnologia. Esse artigo foi encaminhado para a revista *Ciência & Educação* (Bauru) e encontra-se em fase de avaliação.

No último artigo, NANO e a educação em Ciências: concepção dos professores do ensino básico, os objetivos foram investigar e analisar o conhecimento que professores possuem sobre o tema nanociências e nanotecnologia. Em busca disso, analisamos questionários aplicados aos professores participantes do curso de extensão *online*, “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia”. O instrumento continha dez questões, incluindo perguntas abertas e fechadas, que visaram a levantar os conhecimentos dos participantes acerca da temática central do curso; o(s) motivo(s) que os levaram a ingressar no curso; as áreas da ciência que consideram estar relacionadas ao tema; se acreditam que os produtos derivados da indústria nanotecnológica (nanoprodutos) podem ser consumidos com segurança; e se consideram-se nanoconsumidores, entre outras. Para a análise, foram utilizadas somente as respostas dos participantes do curso que eram docentes do ensino básico. Essas respostas foram apresentadas em gráficos. Esse artigo ainda não foi submetido à revista.

Vale referir que escrever uma tese em artigos apresenta possíveis riscos, entre eles, a repetição de alguns conceitos e discussões, visto que todos tratam da mesma temática, mas cada um com diferentes enfoques, porém articulados entre si. Destacamos ainda que as revistas para as quais os artigos foram ou serão enviados podem delimitá-los de acordo com

as normas exigidas por cada uma, o que pode atuar como fator limitante no aprofundamento e na análise do tema. Entretanto, salientamos o caráter produtivo da estrutura aqui apresentada, uma vez que possibilita a publicação dos artigos em periódicos, levando a temática a um maior número de leitores e permitindo a ampliação das discussões sobre nanociências e nanotecnologias em nossa sociedade.

Após apresentar os três artigos que compõem esta tese, são tecidas considerações finais a respeito do trabalho desenvolvido.

### 1.1. Um pouco de minha trajetória

Em minha atuação profissional, como professora de Biologia no Ensino Médio, tenho como um de meus objetivos a preparação dos alunos para prestarem concurso ENEM e Vestibulares. Esses tipos de avaliação, cada vez mais, abordam temas da atualidade, sendo assim, tenho como preocupação constante apresentar novidades na área das ciências, mesmo que esses temas não façam parte da estrutura curricular.

Em busca dessas temáticas para abordar em minhas aulas, recorro frequentemente à educação informal, uma vez que, ao usar diferentes livros didáticos, percebo que normalmente eles não apresentam relatos de trabalhos científicos atuais e, quando o fazem, é muito resumidamente.

Frente a isso e ciente de que precisava atualizar meus conhecimentos, a fim de transferi-los aos educandos, busquei uma vaga no curso de doutorado em Educação em Ciências: Química da Vida e da Saúde, sob a orientação da professora Dr.<sup>a</sup> Laura Geracitano. Como lembra Pereira (2007), na contemporaneidade a informação e a educação são imprescindíveis, e o esforço para assimilar o volume de informações que circulam exige que o estudo faça parte de um processo continuado na vida das pessoas.

Dessa forma, inicialmente, a professora apresentou-me seu grupo de pesquisa, Nanotoxicologia Ambiental, que atua nessa área, mas mais especificamente em estudos fisiológicos e toxicológicos. Esse grupo de pesquisa faz parte do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono (INCT-NC) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), cuja equipe tem como finalidade a produção e a aplicação de nanopartículas, a realização de estudos nanotoxicológicos e a divulgação das nanociências e da nanotecnologia para a sociedade. Após ingressar no curso, passei a participar desse grupo e a ter maior contato com pesquisas e ações nessa área, atuando, inclusive, como docente no curso *online* “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia”, promovido pelo INCT-NC e Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), sediado na Secretaria de Educação a Distância (SEAD-FURG). Vale ressaltar que, em função da demanda intensa de profissionais interessados em qualificarem-se nessa área, houve a realização de quatro edições do curso.

Além das discussões no grupo de pesquisa, cabe salientar as aprendizagens adquiridas ao longo do curso, através dos momentos de discussão oportunizados pelos professores das

diferentes disciplinas cursadas no PPGEC. Entre esses destaco, minha interação com a professora Dr.<sup>a</sup> Fernanda Antoniolo Hammes de Carvalho, onde através de consistentes debates, passei a ampliar minha compreensão da importância da divulgação científica, entendendo que essa atividade deve informar os cidadãos acerca das novidades científicas, preparando-os para lidarem com as novas realidades que se apresentam no cotidiano.

## 2 ARTIGOS

### 2.1 PADRÃO DE RELACIONAMENTO ENTRE AS NANOCIÊNCIAS, SAÚDE E BIOLOGIA: um levantamento histórico utilizando o programa *citespace*

Magda Suzana Novo<sup>1</sup>  
Laura Alicia Geracitano<sup>2</sup>  
Paula Henning<sup>3</sup>

#### 2.1.1 Resumo

No presente trabalho buscamos traçar um padrão de relacionamento entre as nanociências, saúde e biologia a fim de estabelecer um panorama histórico no campo das nanociências. Foi utilizado o banco de dados da *Web of Science*, sendo o levantamento inicialmente realizado através da inserção das palavras-chave *Nanoscience* e *Nanotechnology* e selecionadas as palavras relacionadas à biologia e à saúde. A aplicação do programa *Citespace* permitiu ver o padrão de relacionamento entre os tópicos lançados na base de pesquisa, proporcionando identificar momentos de explosão e de ruptura do tema. Os dados obtidos mostram que a relação entre essas áreas emergem a partir de 2006, estando a maioria relacionados à nanomedicina. Trabalhos sobre nanotoxicologia também aparecem de forma significativa, uma vez que estas duas áreas necessitam caminhar juntas.

**Palavras-chave:** Nanociências. Biologia. Saúde. *Citespace*. Padrão de relacionamento.

#### 2.1.2 Introdução

As nanociências e a nanotecnologia surgiram nas últimas décadas, sendo, portanto áreas bastante recentes na história da ciência. Referem-se, respectivamente, ao estudo de estruturas que apresentam tamanho muito reduzido e aplicação tecnológica destas, para produção de novos materiais. Estas estruturas diminutas, denominadas nanopartículas, são

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono. Mestrado em Ciências Fisiológicas-FURG. E-mail: magda@vetorial.net.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono. Doutorado em Ciências: Oceanografia Biológica – FURG. E-mail: laurageracitano@gmail.com.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. Doutorado em Educação – UNISINOS. E-mail: paula.henning@ig.com.br.



construídas através da manipulação de átomos, apresentando como unidade de medida o nanômetro, bilionésima parte do metro.

O rápido desenvolvimento desta ciência, observado hoje em dia, deve-se à contribuição de várias áreas científicas. De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2010), a multidisciplinaridade é uma das características marcantes da nanotecnologia, trata-se de um encontro da física, química, biologia, medicina, entre outras, que atuam de forma engajada na busca de novos materiais e na confecção de produtos. Entre estes cabe salientar os nanorobos que têm como uma de suas propostas revolucionar as terapias utilizadas no tratamento do câncer, uma vez que terão como alvo somente as células malignas, reduzindo os efeitos colaterais causados pelos tratamentos convencionais. (SANTUCCI, 2008; HEATH, DAVES, HOOD, 2009).

Esta influência impactante nos mais diversos setores, com promessas de melhoria da qualidade de vida da população, foram fatos que nos motivaram a direcionar nosso olhar para as áreas da biologia e da medicina, ambas com grande potencial de aplicação da nanotecnologia.

Tentaremos, neste artigo, olhar para a história da nanotecnologia, que pensamos ser, assim como todas outras histórias, com muitas lacunas, uma vez que ela terá a nossa leitura e os nossos recortes.

Histórias são como holofotes e refletores – iluminam partes do palco enquanto deixam o resto na escuridão. Se iluminassem igualmente o palco todo, de fato não teriam utilidade. [...]. É um grave equívoco, além de uma injustiça, culpar as histórias por favorecerem uma parte do palco e negligenciarem outra. (BAUMAN, 2005, p.26).

Aos nos debruçarmos sobre esta história, certamente daremos voz a alguns acontecimentos e silenciaremos outros, pois os fatos por nós ‘iluminados’ estarão diretamente relacionados às nossas experiências e questionamentos. Porém não podemos deixar de considerar a importância de utilizar, no resgate histórico, algumas pistas genealógicas, pois estas nos levarão a compreender os discursos que estão sendo aceitos no tempo atual, uma vez que estes objetos nanotecnológicos existem dentro de uma prática, de um discurso que os constitui.

Em relação à história em questão, podemos considerar que um dos marcos da nanotecnologia foi a palestra, proferida por Richard Feynman, em 1958 no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), intitulada *There's plenty of room at the bottom* (do inglês: Há mais espaços lá embaixo). Durante a explanação o cientista discutiu as possibilidades da

utilização de nanomateriais, dando como exemplo a possibilidade de condensar todos os volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete. Fez referência a objetos, como computadores, que poderiam ser otimizados com o emprego desta tecnologia e também destacou as possíveis vantagens de utilizá-la na área biológica.

Da palestra de Feynman (1960) até meados da década de 80, não havia muitos estudos divulgados nesta área. Em 1986 o tema foi popularizado por Eric Drexler (1986) em seu livro *Engines of creation: The coming era of nanotechnology*, ao referir-se à construção de máquinas em escala molecular, de apenas alguns nanômetros de tamanho: motores, braços de robô, inclusive computadores inteiros, muito menores que uma célula. Drexler passou os seguintes dez anos a descrever e analisar esses incríveis aparelhos e a dar resposta às acusações de ficção científica.

A partir dos trabalhos desse cientista, muitos outros vieram. Achados de grande relevância nesta área foram as descobertas químicas sobre as diversas possibilidades de ligação entre dois átomos de carbono adjacentes. Entre os nanomateriais de carbono destacam-se os fulerenos, e nanotubos de carbono sintetizados, respectivamente por Kroto (1985) e Iijima (1991).

Além dos nanomateriais de carbono citados, as nanopartículas de prata também merecem destaque, por apresentarem forte ação bactericida, com ampla aplicação na área da saúde, em ferimentos contaminados, uniformes hospitalares e vestuário em geral. A forma tradicional de síntese dessas NPs é a partir de nitrato de prata. (LEE; MEISEL, 1982). Conforme Yan, Galli e Gygi (2008), as nanopartículas de ouro também apresentam importante aplicabilidade na medicina, sendo utilizadas como *drug delivery*, isto é, são capazes de carregar medicamentos e liberar fármacos no organismo humano de forma controlada.

Como podemos observar, a popularização do termo nanotecnologia ocorreu a partir da década de 80, mas seu emprego, sem a utilização da palavra, é muito anterior a isto, data da época dos grandes filósofos. Neste contexto cabe salientar que Blaise Pascal, no século XVII, desafiou o homem quanto ao infinitamente grande e o infinitamente pequeno. Apesar de não existirem, na época, recursos tecnológicos que lhe permitissem compreender a natureza do infinito, ele formulou hipóteses geométricas, algébricas e filosóficas sobre o tema, mas foi especialmente a partir da segunda metade do século XX a compreensão de que o mundo do infinitamente pequeno é muito diferente do mundo que nós vemos. (NALLI, 2012).

Sendo assim, podemos considerar que a nanotecnologia, embora sem fazer menção ao nome, apresenta uma grande trajetória, mas para que ela se tornasse um fato comum em

nossas vidas, uma vez que os produtos dela derivados estão sendo utilizados em larga escala, precisamos resgatar alguns dados históricos sem os quais ela não teria dado ‘o grande salto’. Para isto buscamos alguns fatos no passado histórico desta ciência, através dos recortes que julgamos importantes para entender a emergência da mesma.

Por serem as nanociências uma ciência bastante atual e com um futuro mais que promissor, levantamos alguns questionamentos que julgamos pertinentes: Quando emerge a nanotecnologia na história? Quais acontecimentos científicos permitiram o grande avanço da nanotecnologia com seu uso tão amplo hoje em dia? Qual momento demarca o uso da nanotecnologia nas áreas biológicas e na saúde? Os temas abordados nas reportagens das revistas *Veja* e *Scientific American*, estão relacionados com as novidades científicas divulgadas na área da nanotecnologia, em especial no campo da saúde e da biologia?

Para tentarmos dar conta de responder a todos estes questionamentos, tivemos como objetivos: levantar o momento histórico em que as nanociências surgem no campo científico; identificar que fatores científicos contribuíram para o progresso das nanociências; a partir do padrão de relacionamento obtido através do programa *Citespace*, caracterizar o momento em que as nanociências passam a ter influência na Biologia e na Saúde, identificando momentos de explosão e de ruptura dos temas e verificar se os temas de divulgação científica apresentados pelas revistas coincidem com os temas emergentes dos artigos acadêmicos selecionados na *Web of Science*.

### **2.1.3 Metodologia**

O resgate histórico foi realizado através de uma revisão dos fatos que compõem a história desta ciência, destacando as rupturas e explosões de temas emergentes através da análise de palavras-chave de artigos que constituem nossa base de dados, gerada através do uso da *Web of Science* e do programa cientométrico *Citespace*.

A rede *Web of Science*, segundo o tutorial, disponível na Biblioteca da Escola de Engenharia da UFRGS (BIBENG, 2010), é uma base de referência bibliográfica, que possibilita no âmbito acadêmico o acesso a diversos títulos de periódicos. Através dela também é possível encontrar quais os artigos citados por determinado artigo, ou verificar quantas vezes um artigo foi citado e por quem. É uma das bases de artigos científicos mais usadas no mundo, com mais de 36 milhões de registros, atualizados semanalmente.

Quanto ao programa *Citespace*, segundo Chen (2005) é uma ferramenta que permite a visualização de novas tendências na literatura científica, uma vez que é essencial para os cientistas identificarem tendências emergentes e mudanças bruscas no conhecimento científico. Através dele é possível detectar pontos de viragem intelectual, como ocorre a evolução de uma determinada área, através das rupturas (quando um determinado conhecimento abre espaço para o surgimento de novidades científicas) e explosões (momentos em que ocorre um aumento significativo de publicação de trabalhos sobre o mesmo tema) e também descobrir interligações entre as diferentes frentes de investigação, utilizando uma base de dados composta por um grande número de artigos.

No primeiro levantamento realizado na *Web of Science* foram utilizados os tópicos *Nanoscience* e *Nanotechnology*, pesquisa refinada por documento, artigo e/ou revisão. O conjunto de artigos foi analisado com o programa *Citespace*, gerando um padrão de relacionamento entre as palavras-chave dos mesmos (Tabela 1), nos dando um ranking de palavras-chave ordenadas pela sua centralidade ou explosão do tema.

A partir desta análise, o programa, gera uma figura para cada ano ou período estudado. Das figuras obtidas, selecionamos para apresentar no presente artigo, a referente ao ano de 2007, devido esta mostrar um padrão claro de organização, o que facilita a interpretação da mesma. Os resultados de todo o período analisado serão apresentados em forma de tabela (Tabela 1).

Na Tabela 1 foi realizado um recorte, buscando somente as palavras-chave relacionadas à biologia e à saúde, para isso levamos em consideração que estas palavras também estivessem relacionadas com as presentes nas reportagens, sobre a temática nanotecnologia, divulgadas nas revistas *Veja* e *Scientific American*, no período de junho de 2009 a junho de 2010 (Tabela 2). A partir disso foi montada a Tabela 3.

Nossa opção por essas revistas ocorreu em face da observação prévia, realizada por um período de seis meses, onde constatamos que ambas têm por hábito divulgar matérias sobre novidades nanotecnológicas, sendo legitimadas pelo campo da ciência e havendo credibilidade dos cientistas e de leigos, que vêm em suas reportagens uma forma de aproximação com as novidades científicas e tecnológicas, o que é muito importante, devido à rápida evolução observada nessas áreas.

A revista *Veja* é uma publicação direcionada ao público em geral sendo, segundo o site [http://www.assine.abril.com.br/assinar/revista-veja/origem=sr\\_ve\\_menu](http://www.assine.abril.com.br/assinar/revista-veja/origem=sr_ve_menu), a maior revista semanal de notícias do país e uma das melhores do mundo, com uma tiragem superior a um milhão de exemplares, segundo tabela de circulação geral, constante em seu site. (EDITORA

Abril, 2011). Já a *Scientific American* está direcionada a um público com conhecimento em uma ou mais áreas da ciência e, de acordo com o site da editora Duetto (2010), é considerada a mais tradicional revista mundial de divulgação científica. A revista espalhou-se por 20 países sendo editada em 16 idiomas, o que mostra que há grande credibilidade e espaço no mercado da divulgação científica, com tiragem média de 70 mil exemplares, conforme dados da Associação Brasileira de Imprensa. Seu principal objetivo é proporcionar a propagação do que há de mais avançado em matéria de ciência.

As reportagens analisadas nestes dois veículos midiáticos serão *corpus* de análise em um próximo artigo, portanto aqui faremos menção a elas como uma forma de recorte e de aproximação com as palavras-chave da base de dados da *Web of Science* e também com vistas a verificar se as reportagens divulgadas nas revistas estão relacionadas com as novidades científicas.

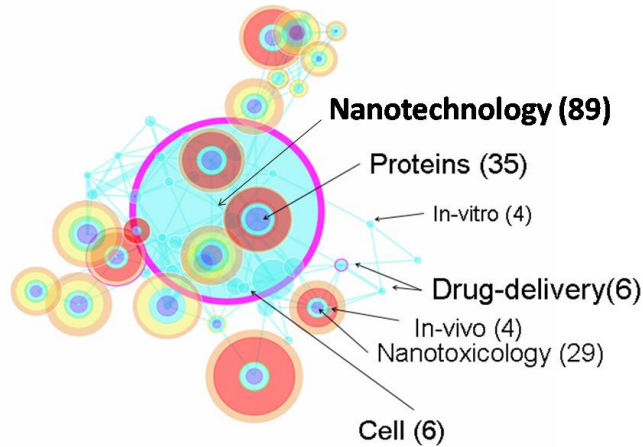
Quanto à escolha do período de análise das reportagens, o mesmo ocorreu em função desta pesquisa ter sido iniciada no ano de 2009. Para este primeiro recorte metodológico, selecionamos estas reportagens e posteriormente daremos continuidade a esta investigação.

#### **2.1.4 Resultados e Discussão**

Os resultados são apresentados em forma de gráfico e tabelas. A tabela 1 apresenta os resultados gerais das palavras-chave levantadas na *Web of Science*, por períodos. A Tabela 2 contém as palavras-chave das reportagens das revistas *Veja* e *Scientific American*, onde foram divulgadas, respectivamente, três e cinco matérias relacionadas às nanociências, saúde e biologia. A Tabela 3 traz um recorte da Tabela 1, onde as palavras-chave estão organizadas por ano, pois os termos que se relacionam às áreas em questão aparecem, de forma significativa, apenas no último período da Tabela 1, ou seja, de 2006 a 2010.

Cabe salientar que este recorte foi realizado segundo nosso olhar, uma vez que foram destacadas as palavras que suscitaram nossa atenção. Segundo Foucault a história não tem sentido, o que não quer dizer que seja absurda ou incoerente. Ao contrário, é inteligível e pode ser analisada em seus menores detalhes, mas segundo a inteligibilidade das estratégias, das táticas. (FOUCAULT, 2002, p.5).

**Figura 1:** Padrão de relacionamento de palavras-chave gerado pelo programa *Citespace* para o ano 2007. Pode se observar um relacionamento entre as áreas biológicas e da saúde. Entre parênteses estão o número de trabalhos relacionados a cada palavra chave.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2011

Em relação ao gráfico analisado (Figura 1), Chen (2005) menciona que esse mostra a evolução de uma frente de investigação. Através dela podemos observar as interligações entre essas diferentes frentes, identificando as tendências de pesquisa em cada ano, em nosso caso 2007. Na Figura os círculos representam os *clusters*, sendo que o maior e central representa a palavra-chave nanotecnologia, com maior frequência em relação às demais palavras, aparecendo num total de 89 trabalhos. Este conecta-se a vários outros *clusters*, onde se localizam outras palavras-chave por nós selecionadas.

Em relação a estas inter-relações, Burt (1992) menciona que ligações dentro do *cluster* são mais fortes do que entre os *clusters*. As ligações internas mostram que os artigos de diferentes especialidades foram conectados. Esta Figura apresenta esses dois tipos de ligações. Em relação às ligações internas, num mesmo *cluster*, podemos observar que as palavras proteínas e células, apresentam-se fortemente ligadas à nanotecnologia, o que deve estar relacionado ao aumento de pesquisas na área biológica neste período. Assim como *in vivo* e nanotoxicologia também apresentam fortes ligações, o que também deve ocorrer em função da evolução das pesquisas nas áreas biológicas e da saúde, pois para que haja uma aplicabilidade da nanotecnologia nestas áreas se fazem necessários testes toxicológicos *in vivo*.

Por outro lado, este *cluster* central está conectado a todos os outros, o que mostra haver relação entre todas as palavras-chave da Figura.

Para Chen (2005) as cores presentes nos anéis significam o ano e a espessura do anel é proporcional ao número de citações, ou seja, a frequência naquele intervalo de tempo. Além de representar os anos, as cores dos anéis, segundo o mesmo autor, ainda possuem outros significados: os vermelhos ao redor, explosão de trabalhos, os rosas; momentos de revolução, focos de grande importância.

Usando as cores como referência, na Figura 1 a cor azul é que representa o ano de 2007. A palavra nanotecnologia aparece como a mais citada, estando presente em 89 trabalhos, representada por um anel mais espesso. Em segundo lugar encontra-se a palavra proteínas, com uma frequência de 35 trabalhos encontrados na base de dados.

Os círculos vermelhos, ao redor das explosões onde estão localizados os temas nanotoxicologia e proteínas, mostram que houve uma grande quantidade de trabalhos nesta área. Fatos estes provavelmente relacionados com o avanço da nanomedicina, que torna esses temas emergentes, devido à ampla aplicabilidade em seres humanos.

O círculo rosa aparece apenas ao redor da palavra nanotecnologia e proteínas, ambas com as mais altas frequências de trabalhos, sendo portanto temas considerados revolucionários. Levando em conta a palavra nanotecnologia, ela está sendo considerada por alguns autores como Almeida (2005) e Orlandi (2006) como estando rumo a uma nova revolução industrial. Relatam Martins e Braga (2007) que, em apenas três décadas, experimentamos várias ‘revoluções tecnológicas’ com suas promessas e seus encantos: a microeletrônica, as telecomunicações, a computação, a internet, a biotecnologia e a engenharia genética e agora a nanotecnológica.

A partir do círculo central, onde encontra-se a palavra nanotecnologia (Figura 1), podemos observar que há vários padrões de relacionamento gerados pelo programa *Citespace*, estes dados estão mais especificados nas Tabelas 1 e 3, aqui apresentadas. Nestas podemos detectar rupturas e tendências emergentes através das explosões e da frequência com que aparecem os temas em estudo. Neste contexto, Chen (2005) destaca que na prática muitos usuários buscam neste programa não só os termos mais usados, mas também os que podem levar a mudanças profundas. O que poderá abrir espaço para novas visões no campo científico, através de uma ruptura epistemológica.

Os fatos destacados envolvem fragmentos de diferentes épocas com vistas a nos ajudar a entender melhor o momento científico que vivenciamos na atualidade. As rupturas permitem o surgimento do ‘novo’, momentos históricos relevantes, pois mostram como foi possível a expansão de determinados temas ou áreas que levaram às inovações que vivenciamos no momento atual.

As explosões, de um determinado assunto, mostram momentos históricos em que vários pesquisadores passaram a se interessar por um determinado tema, aumentando a produção científica nesta área. À medida que ocorre a multiplicação desses trabalhos, há um aprofundamento do tema, o que leva a descobertas científicas com novas possibilidades a serem seguidas. Portanto, é necessário que haja um acompanhamento dessa evolução científica com amplos debates que visem a discutir os possíveis efeitos da ciência, sobre o ambiente como um todo, que podem ser múltiplos e imprevisíveis.

Em relação às tabelas, podemos observar que temas relacionados ao emprego da nanotecnologia na biologia e na saúde (Tabela 3) surgem, de forma relevante, somente a partir de 2006. A Tabela 1, além das palavras das áreas acima mencionadas, traz também temas relacionados a outras áreas, em especial da física e da química, desde 1986, o que em nosso entendimento, também apresentam papel de grande relevância na história desta ciência, devido ao caráter multidisciplinar que apresenta.

Podemos considerar que uma das tecnologias essenciais para o desenvolvimento da nanotecnologia foi a criação, em 1981, do microscópio de tunelamento (*scanning tunneling microscope* - STM) por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer (1987), do laboratório da IBM em Zurique. Apesar de ter sido criado no início da década de 80, observamos na Tabela 1 que trabalhos, com esta palavra-chave, aparecem de forma significativa somente a partir de 1991. O STM deu origem a outros instrumentos de visualização e manipulação na escala atômica, coletivamente denominados microssondas eletrônicas de varredura (*scanning probe microscopes* - SPM). Além da visualização nanométrica de uma superfície, os SPM permitem manipular átomos e moléculas, que podem ser arrastados de um ponto e depositados em outro previamente selecionado. Em relação a esse tema, podemos ainda observar na Tabela 1 que ocorreram rupturas no período de 1991 a 2000. Nesse mesmo período também foram observadas explosões que provavelmente aconteceram em função da necessidade do uso deste aparelho no avanço das pesquisas na área da nanotecnologia.

Outros achados de grande relevância, observados nesta área, foram as descobertas das nanopartículas. A partir da síntese dessas formas de carbono, prata, grafite, entre outras, surgiram inúmeras pesquisas na área das nanociências. Na Tabela 1, no período de 1996-2000, podemos observar que houve uma explosão de trabalhos sobre nanotubos de carbono e, no período de 2006-2010, uma ruptura de temas relacionados a essas nanopartículas. As explosões observadas nas áreas biológicas e da saúde (Tabela 3) relacionam-se diretamente a essas descobertas físicas e químicas, por serem marcos fundamentais nas pesquisas dessas



duas áreas, uma vez que estas estruturas têm participação direta na produção de aparatos nanotecnológicos.

As descobertas, supra mencionadas, levaram ao que podemos observar no ano de 2006 (Tabela 3). Nessa época houve uma ruptura, surgindo trabalhos sobre nanomedicina e câncer. Não foi detectado explosão de nenhum tema, o que pode ser explicado, por estarem ainda no início, as publicações relacionadas à nanotecnologia, biologia e saúde. Uma das áreas que apresentou um rápido crescimento a partir dessa data, foi a da nanomedicina, principalmente no tratamento do câncer e de doenças coronarianas. Um dos fatores que contribuiu muito para isso foram as pesquisas nas áreas da física e da química, que permitiram o desenvolvimento de nanomateriais com os quais foi possível construir *drug-delivery*, que foram testadas tanto *in vitro* quanto *in vivo*, palavras-chave que aparecem de 2007 a 2010 (Tabela 3).

Atualmente dispositivos de dimensões nanométricas já estão aprovados para uso clínico e numerosos produtos encontram-se em fase de avaliação. Quanto a isso diversos autores defendem o uso dessa tecnologia na medicina. Segundo Roszek, Jong e Geertsma (2005), os nanoporus construídos com óxido de alumínio e hidroxiapatita podem ser usados para a próxima geração de *stents* coronarianos e também para transportarem fármacos a células alvo. Nesta perspectiva, Horcajada et. al. (2006) menciona que matrizes porosas como metal carboxilatos atuam como sistemas de *drug-delivery* usando ibuprofeno como substrato modelo, sendo capaz de incorporar grande quantidade de droga.

Na Tabela 3 observamos que em 2007 e 2008 ocorreu um aumento significativo do número de trabalhos relacionados à biologia, com várias palavras-chave aparecendo como ruptura, em sua quase totalidade, relacionadas à área da saúde. Em relação à nanomedicina, observa-se uma ruptura em 2006, o que provavelmente levou a este perfil no ano seguinte, pois as palavras-chave apresentam relação direta com as pesquisas relacionadas ao tratamento de doenças.

Após todas essas rupturas observadas de 2006 a 2008, podemos constatar que a primeira explosão se dá em 2009, portanto as novas descobertas que ocorreram neste período, levaram a um grande aumento nas pesquisas, envolvendo essas palavras-chave. Entre elas podemos citar Melo et. al. (2010), esses autores destacam a utilização de *drug-delivery* formados por nanopartículas poliméricas, constituindo as nanocápsulas e nanoesferas, que diferem entre si segundo a composição e a organização estrutural, mas ambas com amplas aplicações. Esses mesmos autores mencionam ainda a utilização de nanocápsulas de polímero biodegradável contendo benzocaína. Este sistema de liberação modificada da droga, quando testada *in vitro*, reduz a toxicidade e aumenta a duração do efeito anestésico. Uma terapia

experimental é relatada por Heath, Daves e Hood (2009), que mostra que há uma tendência natural das nanopartículas de se acumularem em tumores. Através de testes clínicos foi possível chegar a uma dosagem ideal da droga, que permitiu ótimos resultados sem os efeitos típicos da quimioterapia.

Frente a isso, podemos considerar que o maior potencial de aplicação da nanotecnologia na medicina refere-se aos sistemas de carregamento e liberação de fármacos e vacinas para melhorar a sua eficácia terapêutica. Isso se dá em função de que o encapsulamento de um fármaco em nanosistemas, pode ajudar a direcioná-lo a um sistema ou células alvo. (BERGMANN, 2008).

Em 2010 temos como ruptura e explosão a palavra-chave lipossomas, também relacionada ao carregamento de substâncias a células alvo. Os lipossomas são pequenas vesículas esféricas formadas por bicamadas concêntricas de fosfolipídios que se organizam espontaneamente em meio aquoso. Tais partículas são consideradas uma excelente forma de sistema de liberação controlada de medicamentos ou substâncias biologicamente ativas devido a sua flexibilidade estrutural seja no tamanho, na composição e na fluidez da bicamada lipídica, como na sua capacidade de incorporar uma variedade de compostos tanto hidrofílicos como hidrofóbicos. Essas estruturas, segundo Benghan, Standish e Watkins (1965) foram mencionadas pela primeira vez na década de 60. Posteriormente, surgiu o termo lipossoma 'corpo gorduroso' para designar as estruturas vesiculares formadas por bicamadas fosfolipídicas com um compartimento aquoso em seu interior. (WEISSMANN; SESSA, 1968).

Ainda em relação aos transportadores de fármacos, Chang (1964) relata que as primeiras tentativas para a obtenção de um sistema eficaz tiveram como base o encapsulamento das biomoléculas a transportar, em vesículas de nylon e outros polímeros sintéticos. Contudo esta abordagem mostrou-se totalmente inadequada, visto essas vesículas de material artificial se acumularem no organismo. Mesmo essa técnica não tendo tido sucesso em sua aplicabilidade, abriu portas para outras pesquisas nesta mesma linha, sendo que os testes se intensificaram somente a partir de meados de 1980, obtendo resultados positivos da aplicabilidade dos lipossomos.

Mas o auge de trabalhos sobre lipossomos aparece somente em 2010, com ampla utilização na indústria cosmética da atualidade, onde estão sendo empregados em produtos para prevenção da queda de cabelos, promoção do crescimento capilar, desaceleração do processo de envelhecimento da pele, clareamento da pigmentação cutânea e prevenção e tratamento da lipodistrofia ginóide (vulgarmente conhecida por celulite).

Com esta ampla utilização da nanotecnologia, nas áreas biológicas e da saúde, é natural que comecem a surgir trabalhos relacionados à nanotoxicologia. Publicações sobre este tema aparecem na Tabela 3 como ruptura em 2007 e 2010 e com uma explosão de 2007 a 2010, sendo que neste último ano aparecem como citotoxicidade, o que já era esperado em função das explosões observadas na área da saúde. Testes citotoxicológicos, *in vivo*, se fazem necessários para avaliar os possíveis danos que esses novos produtos e terapias possam vir a causar nos tecidos vivos. Emerge assim a nanotoxicologia que, segundo pesquisadores Oberdörster et. al. (2005), Fischer e Chan (2007), tem como objetivos avaliar os riscos associados à exposição a nanomateriais, explorar as vias de entrada de nanopartículas no organismo e estudar os mecanismos moleculares de toxicidade das nanopartículas.

Para aplicações *in vivo* é importante considerar a insolubilidade de NTs em água. Segundo Reilly (2007) e Zhou et. al. (2008), essa propriedade pode ser responsável pela sua toxicidade contra células vivas. Então, a incorporação de NTs em sistemas vivos torna-se preocupante porque este tipo de nanomaterial poderia se acumular em células, órgãos e tecidos com efeitos colaterais desconhecidos.

Dessa forma, em aplicações *in vivo* se faz necessário avaliar as potencialidades das nanopartículas, sendo sua toxicidade um dos mais importantes fatores a considerar. Poucos estudos avaliam os riscos de exposição a esses materiais e os resultados têm sido inconclusivos.

Frente a isto, Sanvicens e Marco (2008), sugerem que as nanopartículas afetam o comportamento biológico nos níveis celular, subcelular, protéico e genético. Rattner (2004) menciona que nanopartículas ‘livres’, que penetram o corpo humano, podem se sedimentar em alguns órgãos. A porta de entrada é, principalmente, via aparelhos digestório e respiratório ou pela derme. Uma vez no organismo, as NPs se deslocam por órgãos e tecidos distantes do ponto de entrada e podem transpor as barreiras da circulação do sangue, entrar no cérebro e criar riscos para a saúde. Neste caso cabe citar, como exemplo, os vapores de polímeros que causam danos aos pulmões.

Em contrapartida, Voura et. al. (2004) e Akerman et. al. (2002) indicam que as nanopartículas são materiais biologicamente inertes e, portanto, adequados para aplicações *in vivo*. Em apoio a essa hipótese, vários estudos têm demonstrado que as nanopartículas injetadas em animais vivos não produzem efeitos tóxicos detectáveis.

**Tabela 1 – Explosões e rupturas do padrão de relacionamento de palavras-chave gerado pelo programa Citespace. Este padrão foi construído a partir dos artigos da base de dados obtida através do programa Web of Science. O período analisado, 1986 a 2010, demarca a momento em que as pesquisas nesta área cresceram de forma significativa. O termo explosão (no programa Citespace “burst”) refere-se aos momentos em que ocorreu um aumento significativo de trabalhos e o termo ruptura (no programa Citespace “centrality”) significa que um determinado conhecimento se expandiu permitindo o surgimento de novos saberes relacionados ao tema.**

Tempo	Explosão	Freq	Palavra chave	Ruptura	Freq	Palavra chave
1986-1990	3,27	40	lithography	-	-	-
1991-1995	12,74	21	nanotechnology	1,02	21	nanotechnology
	5,64	22	scanning tunneling microscope	0,75	47	system
	4,46	44	construction	0,53	6	surface-layers
	3,48	11	branched junctions	0,31	39	biosensors
				0,31	23	immobilization
				0,21	22	scanning tunneling microscope
				0,21	22	aggregation
				0,15	11	x-ray-diffraction
				0,11	49	atomic force microscopy
				0,07	7	protein engineering
			0,07	3	campylobacter-fetus	
			0,07	2	thermoproteus-tenax	
1996-2000	47,06	77	nanotechnology	0,25	27	atomic-force microscope
	12,22	196	carbon nanotubes	0,21	77	nanotechnology
	5,68	99	surfaces	0,2	99	surfaces
	5,23	22	langmuir-blodgett-films	0,19	90	molecules
	4,48	68	atomic-force microscopy	0,15	73	gold
	4,27	15	mosfets	0,14	8	streptavidin
	4,12	7	films	0,14	50	monolayers
	3,78	36	recognition	0,14	116	fabrication
	3,59	6	surface	0,12	36	recognition
	3,53	6	silicon	0,11	55	proteins
	3,53	6	scanning tunneling microscope	0,11	61	chemistry
	3,52	60	devices	0,1	475	nanoparticles
	3,28	51	scanning-tunneling-microscopy	0,07	68	atomic-force microscopy
				0,07	5	adsorption
				0,06	51	scanning-tunneling-microscopy
				0,06	41	resolution
				0,06	49	deposition
			0,06	15	air-water-interface	
			0,05	7	films	
			0,05	6	surface	
			0,05	136	quantum dots	
			0,05	147	growth	
			0,05	4	design	
2001-2005	55,25	133	nanowires	1,45	500	nanotechnology
	38,22	120	self-assembly	0,09	54	nanostructures
2006-2010	8,27	60	optical-properties	0,26	1278	nanotechnology
	7,5	62	delivery	0,26	384	nanoparticles
	6,39	99	drug-delivery	0,05	105	quantum dots
	5,42	101	in-vivo	0,05	145	carbon nanotubes
	5,16	94	nanomaterials			
	4,32	82	nanostructured materials			
	3,88	69	drug delivery			
3,66	75	Câncer				

**Tabela 2 - Palavras-chave selecionadas nas reportagens das revistas *Veja* e *Scientific American*, relacionadas a nanotecnologia, biologia e saúde.**

<b>Revista <i>Veja</i></b>	<b>Revista <i>Scientific American</i></b>
Nanomedicina	Nanomedicina
Células alvo	Nanotransportadores
Câncer	Câncer
Cosméticos	Microcirurgias
Micropartículas	Anticorpos
Transportadores químicos	Robôs microscópicos
Medicamentos	Medicamentos
Testes “ <i>in vivo</i> ”	Nanotubos de carbono
	Saúde

Fonte: Elaborado pelos autores, 2011

**Tabela 3 – Explosões e rupturas do padrão de relacionamento de palavras-chave, gerado pelo programa *Citespace*. Este padrão foi construído a partir dos artigos da base de dados obtida através do programa *Web of Science*. Nesta tabela é mostrado o resultado do recorte realizado, tendo em consideração as palavras-chave relacionadas à saúde e medicina de acordo com as reportagens publicadas nas revistas *Veja* e *Scientific American*. O termo explosão (no programa *Citespace* “*burst*”) refere-se aos momentos em que ocorreu um aumento significativo de trabalhos sobre um determinado tema e o termo ruptura (no programa *Citespace* “*centrality*”) significa que um determinado conhecimento científico se expandiu permitindo o surgimento de novos saberes relacionados ao tema inicial.**

<b>Ano</b>	<b>Palavras chave ordenadas por explosão</b>	<b>Palavras chave ordenadas por ruptura</b>
<b>2006</b>		Nanomedicine; Cancer
<b>2007</b>	Nanotoxicology; Proteínas	Drug delivery; Proteins; Cells; Nanotoxicology; <i>In-vivo</i> ; <i>In-vitro</i>
<b>2008</b>		Cells; <i>In-vivo</i> ; Drug delivery; Health; Drug-delivery; Cancer-cells
<b>2009</b>	Drug-delivery; Toxicity; Drug delivery; <i>In-vivo</i> ; Cancer	<i>In-vivo</i>
<b>2010</b>	Cytotoxicity; Gene delivery; Liposomes; Therapy	Drug delivery; Liposomes; Toxicity Câncer

Fonte: Elaborado pelos autores, 2011

### **2.1.5 Considerações finais**

A partir dessa pesquisa foi possível detectarmos quais fatos históricos do passado foram importantes para entendermos o avanço das nanociências e da nanotecnologia. Na

contramão de uma história tradicional, a pesquisa pretendeu investigar os atravessamentos de diferentes áreas, como da Saúde e da Biologia, para entender quando surgiu a nanotecnologia de forma significativa nesses dois campos do saber. Sendo assim, Foucault levou-nos a pensar sobre as possibilidades de a nanociência constituir-se em algo significativo para a ciência na atualidade.

Através da utilização do programa *Citespace*, foi possível realizar a revisão bibliográfica a partir de um grande número de artigos indexados na base de dados *Web of Science*. Para isso, optamos por uma análise de cunho quantitativo, uma vez que são inter-relacionados por este programa as palavras-chave utilizadas pelos autores. Sendo assim, nesse momento do estudo, limitamo-nos a selecionar esse método, devido à grande quantidade de trabalhos existentes na área.

Com o uso das ferramentas aqui apresentadas, podemos considerar que trabalhos na área das nanociências e da nanotecnologia surgiram de forma significativa a partir da década de 80, embora explosões e rupturas sejam observadas somente a partir de 1991. Momentos históricos percebidos na evolução desta ciência foram demarcados pela física e pela química, áreas precursoras nas grandes descobertas.

Entre essas descobertas científicas cabe destacar: microscópio de tunelamento eletrônico e nanopartículas de carbono, apresentando alto índice de explosões e rupturas a partir de 1991. Esses achados podem ser considerados marcos históricos importantes para entendermos a história atual dessa ciência, pois sem eles possivelmente a nanotecnologia não teria dado o grande salto, atingindo um grande público através de novos materiais disponíveis no mercado que utilizam essa tecnologia.

Quanto ao emprego da nanotecnologia nas áreas biológicas e da saúde, podemos observar explosões e rupturas de palavras-chave, relacionadas a essas áreas, a partir de 2006. Os trabalhos referentes à medicina mencionam principalmente as diversas aplicações de nanomateriais e nanodispositivos para fins diagnósticos e terapêuticos. A área biológica caminha junto no sentido de dar suporte quanto à aplicabilidade dessas novas tecnologias, mostrando seus possíveis riscos e benefícios, através das pesquisas *in vitro* e *in vivo* e dos estudos nanotoxicológicos.

Dentre as áreas envolvidas, podemos considerar que a nanomedicina é onde existem as maiores preocupações toxicológicas e éticas, o que tem grande razão de ocorrer devido ao campo de aplicação destes produtos. Um dos grandes desafios a ser enfrentado é a busca do conhecimento sobre os biomateriais nanoestruturados e seus efeitos.

As palavras-chave da base de dados *Web of Science* (Tabela 1) coincidem com as palavras-chave elencadas a partir das reportagens publicadas nas revistas *Veja* e *Scientific American* (Tabela 2). Sendo assim, podemos considerar que está ocorrendo a disseminação de conhecimentos científicos na comunidade, de forma significativa, através dos artefatos culturais. Isso possibilita uma aproximação do público com esses conhecimentos e ainda o auxilia a compreender diversos aspectos do mundo que o cerca.

Para chegarmos à realidade apresentada neste trabalho, resgatamos alguns fragmentos da história que, em nossa visão, foram marcos importantes para o desenvolvimento das nanociências. Esses fragmentos levantados não esgotam a história atual das nanociências, mas mostram que há um empenho em permitir os desdobramentos dessa ciência, ressaltando sempre os dois lados da utilização dessas novas tecnologias.

### 2.1.6 Referências

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre nanotecnologia**. Campinas: UNICAMP/FUNCAMP, 2010.

AKERMAN, Maria E.; WARREN, Chan; PIRJO, Laakkomen; ERKKI Ruoslahti. Nanocrystal targeting in vivo. **PNAS**, USA, v.99, 2002, p.12617-12621. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/99/20/12617.full>>. Acesso em: 22 out. 2010.

ALMEIDA, Paulo Roberto. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, set. 2005. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=31314>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

BAUMAN, Zygmunt. **Vidas desperdiçadas**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005.

BENGHAN, Alec; STANDISH, Malcolm M.; WATKINS, Jeff C. Diffusion of univalent ions across the lamellae of swollen phospholipids. **Journal of Molecular Biology Cambridge**, England, v.13, 1965, p.238-252.

BERGMANN, Bartira. A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, n.2, v.60, 2008. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000200024&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000200024&script=sci_arttext)>. Acesso em: 22 jun. 2010.

BIBENG - Biblioteca da Escola de Engenharia UFGRS. **Web of Science** - Tutorial. 2010. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/bibeng/tutoriais/web-of-science/view>>. Acesso em: 23 abr. 2010.

BINNING, Gerd; ROHRER, Heinrich. Scanning tunneling microscopy – from birth to adolescence. **Reviews of Modern Physics**. APS, [s.l.], n.3, v.59, jul., 1987, p.615-625.

BURT, Ronald. **Estructural holes**: the social structure of competition. Massachusetts: Harvard University Press, 1992.

CHANG, Thomas M. S. Semipermeable microcapsules. **Science**, [s.l.], n.3643, v.146, out., 1964, p.524-525.

CHEN, Chaomei. **CiteSpace II**: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. Journal of the American Society for Information Science and Technology. Philadelphia: Drexel University. 2005.

DREXLER, Eric. **Engines of creation**: the coming era of nanotechnology. USA: Anchor Books Edition, 1986.

EDITORA Abril. **Tabela de circulação geral**. 2011. Disponível em: <<http://publicidade.abril.com.br/tabelas-gerais/revistas/circulacao-geral/imprimir>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

EDITORA Duetto. **Institucional**. 2010. Disponível em: <<https://www.lojaduetto.com.br/produtos/?idproduto=2777&action=info>>. Acesso em: 25 maio. 2010.

FEYNMAN, Richard. **There is plenty of room at the bottom**. Pasadena: California Institute of Technology, 1960. Disponível em: <<http://www.zyvex.com/nanotech/feynman/html>>. Acesso em: 12 nov. 2010.

FISCHER, Hans; CHAN, Warren. Nanotoxicity: the growing need for in vivo study. **Current Opinion Biotechnology**, Toronto, n.6, v.18, dez. 2007, p.565-571.

FOUCAULT, Michel. **A arqueologia do saber**. 6.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002.

HEATH, James; DAVES, Mark; HOOD, Leroy. Nanomedicina no tratamento do câncer. **Revista Scientific American Brasil**, [s.l.], n.82, mar., 2009, p.42-49.

HORCAJADA, Patrícia; SERRE, Christian; VALLET-REGI, María; SEBBAN, Muriel; TAULELLE, Francis; FÉREY, Gérard. Metal-Organic Frameworks as Efficient Materials for Drug Delivery. **Angewandte Chemie International Edition**, Espanha, n.36, v.45, set. 2006, p.5974-5978. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.200601878/abstract>>. Acesso em: 30 fev. 2011.

IJIMA, Sumio. Helical microtubules of graphitic carbon. **Journal Nature**, Japan, v.354, nov., 1991, p.56-58.

KROTO, Harold; HEATH, James; O'BRIEN, Sean; CURL, Robert F.; SMALLEY, Richard E. C-60- buckminsterfullerene. **Nature**, [s.l.], n.6042, v.318, 1985, p.162-163.

LEE, Philip C.; MEISEL, Dan. Adsorption and Surface Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sals. **The Journal of Physical Chemistry**, [s.l.], n.17, v.86, ago., 1982, p.3391-3395.

MARTINS, Paulo Roberto; BRAGA, Ruy. **Nanotecnologia**: promessas e dilemas da



revolução invisível. São Paulo: IIEP, 2007. Disponível em: <<http://www.iiep.org.br/pdfs/doc022.pdf>. 2007>. Acesso em: 24 jun. 2010.

MELO, Nathalie F.S.; GRILLO, Renato; ROSA, Andrea H.; FRACETO, Leonardo F. Desenvolvimento e caracterização de nanocapsulas de poli (L- lactideo) contendo benzocaina. **Química Nova**, São Paulo, n.1, v.33, nov., 2010, p.65-69.

NALLI, Marcos. O minúsculo universo das nanotecnologias. **Portal Ciência & Vida**, 2012. Disponível em: <<http://leituradahistoria.uol.com.br/ESLH/Edicoes/12/artigo100808-2.asp>>. Acesso em: 26 fev. 2012.

OBERDÖRSTER, Gunter; OBERDÖRSTER, Eva; OBERDÖRSTER, Jan. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. **Environmental Health Perspectives**, [s.l.], n.7, v.113, jul., 2005, p.823-839. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1257642/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

ORLANDI, M. Nanotecnologia: a revolução industrial do século XXI. **Revista Ciência e Tecnologia**, [s.l.], jul. 2006, p.18. Disponível em: <[http://www.dfq.feis.unesp.br/docentes/MarceloII/Revolucao\\_Nano.pdf](http://www.dfq.feis.unesp.br/docentes/MarceloII/Revolucao_Nano.pdf)>. Acesso em: 17 set, 2011.

RATTNER, Henrique. Nanotecnologia – Para melhor ou para pior? **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, n.41, out. 2004. Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br/041/41rattner.htm>>. Acesso em: 28 out. 2010.

REILLY, Raymond. Carbon Nanotubes: potential benefits and risks of nanotechnology in nuclear medicine. **The Journal of Nuclear Medicine**, Toronto, n.7, v.48, jul., 2007, p.1039-1042.

ROSZEK, Boris; JONG, Wim H. de; GEERTSMA, Robert E. **Nanotechnology in medical applications: state-of-the-art in materials and devices**. 2005. Disponível em: <<http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/7265/1/265001001.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2010.

SANTUCCI, Jô. Nanotecnologia: a revolução invisível. **Conselho em Revista**, Porto Alegre, n.48, 2008, p.13.

SANVICENS, Nuria; MARCO, M. P. Multifunctional nanoparticles – properties and prospects for their use in human medicine. **Trends in Biotechnology**, Barcelona, v.26, n.8, ago., 2008, p.425-433.

VOURA, Evelyn B.; JAISWAL, Jyoti; MATTOUSSI, Hedi; SIMON, Sanford. Tracking metastatic tumor cell extravasation with quantum dot nanocrystals and fluorescence emission-scanning microscopy. **Nature Medicine**, Washington, v.10, ago., 2004, p.993-998.

WEISSMANN, Gerold; SESSA, Gracia. Phospholipid spherules (liposomes) as a model biological membranes. **Journal of lipid research**, Memphis, Vol. 9, p.310-318. 1968

YAN, Li; GALLI, Giulia; GYGI, François. Electronic Structure of Thiolate-Covered Gold Nanoparticles: Au<sub>102</sub>(MBA)<sub>44</sub>. **American Chemical Society - ACS NANO**, Washington,

n.9, v.2, ago., 2008, p.1896–1902.

ZHOU, Hongyu; MU, Qingxin; GAO, Ningning; LIU, Aifeng; XING, Yeuhan; GAO, Sulian; QIU, Zang; QU, Guangbo; CHAN, Yuyan; LIU, Gang; ZHANG, Bin; YAN, Bing. A Nano-Combinatorial Library Strategy for the Discovery of Nanotubes with Reduced Protein-Binding. **Cytotoxicity, and Immune Response**, China, n.3, v.8, fev., 2008, p.859-865.

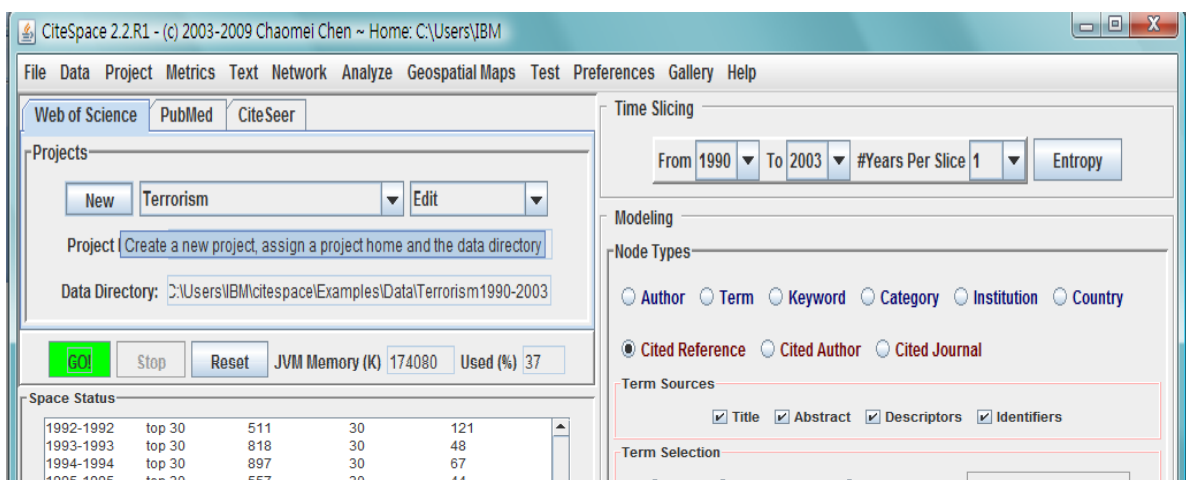
## ANEXO

### Utilização do Programa *Citespace*

Esse programa tem como objetivo desenvolver um método genérico que pode ser usado para detectar e visualizar as tendências emergentes e padrões transitórios na literatura científica. Através de cálculos algorítmicos esse programa detecta momentos de explosão - aumento súbito de determinada palavra-chave - e rupturas - quando uma palavra-chave abre novas possibilidades de pesquisa – (Chen, 2005).

O *Citespace* trabalha com as informações armazenadas em uma base de dados, em nosso caso optamos pela *Web of Science*. Fizemos uma busca através das palavras chave Nanoscience e Nanotechnology. Essa busca resultou em cerca de 15.000 trabalhos, incluindo artigos, resumos, notas, periódicos, entre outros. Selecionamos apenas artigos e resumos, obtendo cerca de 9.000 trabalhos, que foram organizados em um arquivo do computador denominado “data”.

No programa *Citespace* (<http://citespace.software.informer.com/>) há uma tela, (abaixo) onde seguimos os seguintes passos: selecionamos a base de dados utilizada, em nosso caso *Web of Science*; o nome do arquivo, o nosso foi “data”; o período em que se deseja fazer a busca; a forma como os dados devem ser organizados pelo programa (Node Types), optamos por palavras-chave e em qual parte do arquivo “data” deve ser realizada a busca (Term Sources), optamos pela busca em todos itens.



A partir daí, o *Citespace*, através de cálculos algorítmicos organiza as tabelas, conforme citadas no artigo, mostrando os momentos de explosão e ruptura das palavras-chave.

## 2.2 EDUCAÇÃO INFORMAL E NANOCIÊNCIAS: ANÁLISE DA TEMÁTICA NAS REVISTAS VEJA E SCIENTIFIC AMERICAN

### INFORMAL EDUCATION ON NANOSCIENCE: THEMATIC ANALYSIS OF THE MAGAZINES VEJA AND *SCIENTIFIC AMERICAN*

Magda Suzana Novo<sup>1</sup>  
 Laura Alicia Geracitano<sup>2</sup>  
 Fernanda Antoniolo Hammes de Carvalho<sup>3</sup>

#### 2.2.1 Resumo

No presente trabalho realizamos um acompanhamento das reportagens sobre a temática emergente: nanociências. O corpus de análise foram as matérias das revistas *Veja* e *Scientific American*, no período compreendido entre junho de 2009 a junho de 2011, com o objetivo de levantar e caracterizar a divulgação científica promovida pelos referidos artefatos culturais nessa área, bem como a vinculação entre eles. No acompanhamento das reportagens foram levantadas as seguintes variáveis: número de artigos publicados, conteúdo da reportagem e área do conhecimento envolvida, fontes de informação utilizadas, benefícios e riscos da utilização da nanotecnologia. Os resultados demonstram que ambas as revistas, apresentam unicamente as vantagens da utilização da nanotecnologia, sem fazer referência às possíveis consequências para a saúde e o ambiente do uso indiscriminado de alguns nanomateriais. Os artefatos culturais estudados desempenham um importante papel como meio de educação informal, constituindo-se como uma fonte fundamental de divulgação das novidades científicas nesta área.

**Palavras-chave:** Nanociência. Mídia. Educação informal. Divulgação científica.

#### 2.2.2 Abstract

In the present work we conducted a monitoring on emerging issues: nanoscience. The corpus of this study were the magazines *Veja* and *Scientific American* for a period June 2009 to June 2011, in order to emphasize and characterize the scientific diffusion promoted by these cultural artifacts and connection between them. In monitoring reports were raised the following variables: number of papers, articles content, knowledge area involved, information

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono. Mestrado em Ciências Fisiológicas-FURG. E-mail: magda@vetorial.net.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono. Doutorado em Ciências: Oceanografia Biológica – FURG. E-mail: laurageracitano@gmail.com.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. PRODOC CAPES. Doutorado em Educação - PUC/RS. E-mail: fahc@vetorial.net.

sources and nanotechnology benefits and risks. The results only show that both magazines present advantages of technologies using, without making reference to the possible consequences to health and the environment of the indiscriminate use of some nanomaterials. The studied cultural artifacts have an important role as a means of informal education because they constitute a fundamental source of scientific diffusion progress in this area.

**Keywords:** Nanoscience. Media. Informal education. Scientific diffusion

### 2.2.3 Introdução

Começamos este artigo fazendo menção a uma frase muito citada pelo sociólogo Zygmunt Bauman, como uma forma de referência à era moderna - “Um admirável mundo novo.” (BAUMAN, 2003, p.46). Através de nosso olhar científico, e não sociológico como o dele, esta frase parece ter sido feita para se referir às nanociências, pois vislumbramos no progresso desse campo científico efeitos impactantes nas mais diversas áreas.

As nanociências e a nanotecnologia surgiram nas últimas décadas, sendo, portanto, áreas bastante recentes na história da ciência. Referem-se, respectivamente, ao estudo de estruturas que apresentam tamanho muito reduzido e aplicação tecnológica destas, para produção de novos materiais.

Segundo Almeida (2005) e Orlandi (2006), a nanotecnologia encontra-se rumo a uma nova transformação industrial, momento histórico que vem revolucionando o mundo das ciências e de tantas outras áreas ligadas direta ou indiretamente a ela. Essa notável tecnologia contempla, segundo Toma (2004), a dimensão física representada por uma unidade equivalente a um bilionésimo do metro- o nanômetro- sendo, portanto, resultado da crescente capacidade de manipulação de átomos e de moléculas, cuja observação requer microscópios especiais.

Esta ciência tem apresentado um rápido desenvolvimento, o que se deve à contribuição de várias áreas científicas. De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2010), a multidisciplinaridade é uma das características marcantes da nanotecnologia, trata-se de um encontro da física, química, biologia, medicina, entre outras, que atuam de forma engajada na busca de novos materiais e na confecção de produtos.

Assim, podemos considerar que essa tecnologia vem se fazendo presente em nossas vidas através de diversos produtos disponíveis no mercado como: cosméticos, medicamentos, roupas de cama e banho, entre outros. Entretanto, apesar de sermos nanoconsumidores, não

sabemos exatamente do que trata esta ciência emergente e pouco conhecimento temos a respeito dos transtornos e riscos que poderão produzir à saúde humana e ambiental. (GEO YEAR BOOK, 2007).

Nesse caso, considerando que a aproximação entre as descobertas científicas e a comunidade em geral deve ser um propósito dos artefatos culturais, a educação informal se faz necessária, já que estamos vivenciando uma nova era: a nanotecnológica, sendo os produtos dela derivados uma realidade entre nós. Assim, como foi dito, por ser uma ciência bastante atual e com um futuro muito promissor, levantamos alguns questionamentos que julgamos pertinentes. Os achados científicos na área das nanociências estão sendo divulgados para a sociedade? Que tipo de informação sobre nanotecnologia está sendo difundida nos artefatos culturais, em especial, nas revistas *Veja* e *Scientific American*? Como aparecem os discursos sobre as nanotecnologias nessas revistas?

Em prol de dar conta desses questionamentos, tivemos como objetivo levantar e analisar a divulgação informacional e científica abordadas pelas revistas *Veja* e *Scientific American* sobre este campo científico-tecnológico, já que uma das missões do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de carbono (INCT-NC), grupo de pesquisa no qual estamos inseridas, é analisar a inserção deste tema nos meios de comunicação.

#### **2.2.4 Percurso Histórico da nanotecnologia**

O termo nanotecnologia surgiu em 1954, em uma palestra no Instituto de Tecnologia da Califórnia - "There's Plenty of Room at the Bottom" (Há muito espaço lá em baixo). Neste evento Feynman (1960) sugeriu que, em um futuro não muito distante, os engenheiros poderiam pegar átomos e colocá-los onde bem entendessem desde que, é claro, não fossem violadas as leis da natureza. Com isso, materiais com propriedades inteiramente novas, poderiam ser criados. Tal palestra, hoje, é tomada como o ponto inicial da nanotecnologia. A ideia de Feynman é que não precisamos aceitar os materiais que a natureza nos provê como os únicos possíveis no universo. Da mesma maneira que a humanidade aprendeu a manipular o barro, para dele fazer tijolos e com esses construir casas, seria possível, segundo ele, manipular diretamente os átomos e a partir deles construir novos materiais que não ocorrem naturalmente. Um sonho? Talvez, há quarenta anos atrás. Mas, como o próprio Feynman dizia

em sua conferência, nada, nesse sonho, viola as leis da natureza e, portanto, é apenas uma questão de conhecimento e tecnologia para torná-lo realidade.

Apesar de a palavra nanotecnologia ter surgido na década de 50, ela somente foi popularizada nos anos 80, por Eric Drexler (1986), em seu livro *Engines of creation: The coming era of nanotechnology*, ao referir-se à construção de máquinas em escala molecular, de apenas alguns nanômetros de tamanho: motores, braços de robô, inclusive computadores inteiros, muito menores que uma célula. Drexler passou os seguintes dez anos a descrever e a analisar esses incríveis aparelhos e a dar resposta às acusações de ficção científica. No entanto, a tecnologia convencional estava a desenvolver a capacidade de criar estruturas simples à escala reduzida.

A partir dos trabalhos desse cientista, muitos outros vieram. Achados, de grande relevância nesta área, foram as descobertas químicas sobre as diversas possibilidades de ligação entre dois átomos de carbono adjacentes. Entre os nanomateriais de carbono destacam-se os fulerenos, nanotubos de carbono e grafeno. Kroto et. al. (1985) surpreenderam sintetizando os fulerenos, nanomoléculas altamente simétricas com estrutura esférica formada por hexágonos interligados por pentágonos, sendo estes responsáveis por sua forma tridimensional. Esta descoberta incentivou as pesquisas na busca de outras estruturas de carbono fechadas. Em 1991 Iijima apresentou uma nova estrutura de carbono finita a qual chamou nanotubos de carbono, devido ao seu aspecto tubular, que o diferencia dos fulerenos, que têm forma de ‘gaiolas’ fechadas em si, ambos com dimensões nanométricas.

Além dos nanomateriais de carbono citados, as nanopartículas de prata também merecem destaque por apresentarem forte ação bactericida, com ampla aplicação na área da saúde, em ferimentos contaminados, uniformes hospitalares e vestuário em geral. A forma tradicional de síntese dessas NPs é a partir de nitrato de prata. (LEE; MEISEL, 1982). Conforme Yan, Galli; Gygi (2008), as nanopartículas de ouro também apresentam importante aplicabilidade na medicina, sendo utilizadas como *drug delivery*, isto é, são capazes de carregar medicamentos e liberar fármacos no organismo humano de forma controlada.

Entre os nanomateriais mencionados até aqui, os nanotubos de carbono (CNTs) são um dos mais utilizados atualmente nos setores industrial, médico-científico e ambiental. Zarbin (2007) destaca a alta resistência química, resistência à oxidação, a mudanças de temperatura e baixa densidade. A ligação C-C, em estruturas gráficas, é uma das mais fortes da natureza. Os CNTs apresentam altíssima resistência mecânica, flexibilidade e resistência à ruptura, quando dobrados ou torcidos. Esse conjunto fantástico de propriedades, decorrentes fundamentalmente da escala de tamanho desses materiais, é que permitem sua utilização nas

mais diversas aplicações, entre essas, destacam-se os nanofármacos e potentes dispositivos altamente capacitados em detectar gases poluentes e gerar energia.

Em relação à produção de energia, cabe destacar que isso poderá representar uma alternativa para um dos grandes problemas que enfrentamos hoje, que é a geração de fontes de energia alternativa. Quaresma (2010, p.99) destaca que “brevemente poderão ser criados dispositivos sensíveis que sejam capazes de captar e armazenar muito mais da energia farta e abundante, que é a radiação solar”.

Nesse contexto, podemos observar que uma gama de nanoproductos estão sendo apresentados à sociedade como uma expectativa futurista, levando-nos a crer no desenvolvimento e progresso humanos, sem descartar os possíveis danos que eles podem causar, uma vez que só poderão ser identificados através de estudos nanotoxicológicos que, segundo Novo, Geracitano e Henning (2011) no presente momento ainda são escassos.

Estudos nessa área trazem informações principalmente sobre efeito de nanopartículas em microorganismos e organismos aquáticos. Monserrat et. al. mostram que,

[...] no peixe *Cyprinus carpio*, após exposição a fulereno C-60, houve uma inibição significativa do crescimento bacteriano nas secreções desses animais, o que poderá lhes trazer prejuízos, uma vez que estas bactérias mucogênicas apresentam elevada capacidade antioxidante. (MONSERRAT, et. al., 2011, p.316).

Em relação ao comportamento fisiológico de *C. carpio*, Monserrat et. al. (2012) demonstram que solução salina contendo C-60 apresenta maior toxicidade sobre as brânquias desta espécie na presença de luz, podendo ser este fator abiótico responsável por influenciar os mecanismos de toxicidade. “Para organismos bentônicos, a toxicidade potencial de C-60 parece ser insignificante, possivelmente devido à falta de fotoexcitação.” (MONSERRAT et. al., 2011, p.47).

Frente a isso, consideramos que estudos nanotecnológicos e nanotoxicológicos precisam progredir juntos, para avaliar os possíveis danos que esses novos produtos possam vir a causar nos tecidos vivos, principalmente por que uma boa parcela desses produtos visam a atender o mercado onde nós, seres humanos, somos consumidores finais.

### **2.2.5 Divulgação científica: o papel da educação informal**

A visão sobre os prós e contras das novas descobertas científico-tecnológicas são pouco abordadas na educação formal, pois os livros didáticos não têm por hábito trazer essas



informações para os estudantes. Devido a isso, uma das principais formas pelas quais estas informações estão chegando à população é através dos diferentes artefatos culturais, como revistas, internet, etc. Segundo Silva (2004, p.139), “Eles têm permeado a construção de saberes da sociedade, uma vez que esses instrumentos, de educação informal, ajudam a constituir as formas de agir e de ser dos sujeitos”. Tal como a educação, as outras instâncias culturais também são pedagógicas, também têm uma ‘pedagogia’, também ensinam alguma coisa.

Esta ideia também é defendida por Libâneo (1999), que considera que essa aproximação do público com o conhecimento científico gera um processo educativo, o qual permite, à comunidade em geral, compreender diversos aspectos do mundo que a cerca. Ao possibilitar o acesso a essas informações, desencadeia-se um processo de alfabetização científica, mas por outro lado, essas atividades têm intencionalidade e baixo grau de estrutura e sistematização.

Apesar dessa visão do autor, à medida que a educação formal não está dando conta de informar os cidadãos acerca das novidades científicas, o que ocorre devido a diversos fatores como: amplos programas a serem desenvolvidos, livros didáticos - que usualmente não abordam temas atuais e quando os citam aparecem como leitura complementar -, no que diz respeito às nanociências, a educação informal se faz mais presente. Devido a esse contexto, no qual a educação formal encontra-se inserida, Barbero (2002) considera que os saberes circulam cada vez mais fora dos lugares sagrados que antes o detinham, além de terem se afastado das figuras sociais que os administravam.

Nessa perspectiva, podemos considerar que a educação informal através da mídia, embora apresente prós e contras, possui papel relevante, pois é principalmente por meio dela que diversos conhecimentos sobre ciência e tecnologia chegam diariamente à população, o que é muito importante devido à rápida evolução observada nessas áreas.

Nesse caso, a mídia passa a atuar como um meio divulgador de discursos, apresentando, portanto, função pedagógica.

É possível imaginar que a mídia funcionaria, em nossa época, como uma espécie de lugar de superposição de ‘verdades’, justamente por ter se transformado em um local privilegiado de produção, veiculação e circulação de enunciados de múltiplas fontes, sejam eles diretamente criados a partir de outras formações, sejam eles gerados nos próprios meios. Uma de suas características principais é que, nela, por uma razão basicamente do alcance das tecnologias investidas nesse campo, qualquer discurso, materializado em entrevista de TV, cena de telenovela, reportagem de jornal, coluna de revista, é passível de ter sua força de efeito ampliada, de uma forma radicalmente diferente do que sucede a um discurso que, por exemplo, opera através das páginas

de um livro didático ou de um regulamento disciplinar escolar. (FISCHER, 1996, p.12).

Hoje em dia, temos plena consciência dessa prática, pois os saberes não partem apenas das Instituições de Ensino e do material didático, sendo a mídia responsável em grande parte pela disseminação de informações. Desse modo, torna-se uma grande aliada na educação, por constituir-se como instância que produz representações do mundo, de ciências e de muitas outras. Essas produções de cultura e seu efeito educativo vêm nos ensinando ciência e, ao mesmo tempo, produzindo-a discursivamente.

Sendo assim, podemos considerar que as revistas fazem parte dos Artefatos Culturais, que se inserem no que Morin (1975) chamou de *mass media*, mídia, em português, ou meios de comunicação de massa. Estes meios de informação são reconhecidos pela influência que exercem na sociedade e na cultura, uma vez que são considerados de grande penetração no cotidiano social, apresentando relevância na construção da consciência dos indivíduos que constituem seu público.

Mesmo que o consumo de revistas não possa ser considerado de grande porte, quando comparado a outros tipos de mídia, podemos reconhecer que as informações contidas nestas alcançam não só seus leitores, pois, à medida que essas revistas divulgam assuntos científicos, educadores podem fazê-los circular em suas salas de aula. Desta forma, o discurso praticado pela revista vai muito além da sua relação com seus leitores, estendendo-se também a outros sujeitos que, talvez, não leram a revista, mas indiretamente foram atingidos pelos efeitos de seu discurso. (INÁCIO, 2008).

### **2.2.6 Metodologia da pesquisa**

Como forma de levantar a maneira que os conhecimentos advindos da evolução no campo das nanociências estão chegando à população, realizamos um acompanhamento das reportagens sobre nanotecnologia publicadas nas revistas *Veja*, de periodicidade semanal e *Scientific American*, de periodicidade mensal, no período de junho de 2009 a junho de 2011.

Nossa opção por esses veículos ocorreu em face da observação prévia, realizada por um período de seis meses, no qual constatamos que, essas duas revistas têm por hábito divulgar novidades científicas para a sociedade. A revista *Veja* é uma publicação direcionada ao público em geral, sendo, segundo [http://www.assine.abril.com.br/assinar/revista-veja/origem=sr\\_ve\\_menu](http://www.assine.abril.com.br/assinar/revista-veja/origem=sr_ve_menu), considerada a maior revista semanal de notícias do país e uma das

melhores do mundo. Com uma tiragem superior a um milhão de exemplares, segundo sua tabela de circulação geral, constante do seu site. A revista aborda principalmente temas a respeito do cotidiano da sociedade brasileira e se encarrega de dizer a verdade sobre variados temas, entre eles as novidades científicas, pois tem o papel privilegiado de “locutor” em nossa sociedade, pondo o que diz a circular como passível de ser aceito como verdade ou não.

Já a *Scientific American* é direcionada a um público com conhecimento em uma ou mais áreas da ciência e, de acordo com o site da editora Duetto (2010) é considerada a mais tradicional revista mundial de divulgação científica. A revista espalhou-se por 20 países, sendo editada em 16 idiomas, o que mostra que há grande credibilidade e espaço no mercado da divulgação científica. Com tiragem média de 70 mil exemplares, conforme dados da Associação Brasileira de Imprensa, seu principal objetivo é proporcionar a propagação do que há de mais avançado em matéria de ciência.

O acompanhamento das reportagens foi realizado levando-se em conta as seguintes variáveis: número de artigos publicados, conteúdo da reportagem e área(s) do conhecimento envolvida(s), fontes de informação utilizadas, benefícios e riscos da utilização da nanotecnologia.

### **2.2.7 Resultados e Discussão**

Após a leitura das reportagens, foi possível realizar uma síntese quantitativa e qualitativa das informações levantadas.

Inicialmente, tendo como foco a análise do número de matérias envolvendo o tema nanotecnologia, foi possível observar a equidade no número de artigos publicados pela *Veja* e *S. American*. De junho de 2009 a junho de 2010 a revista *Veja* publicou três matérias e a *S. American* cinco, de julho de 2010 a junho de 2011, *Veja* publicou cinco matérias e a *S. American* três. Houve neste período uma maior cobertura da *S. American* no primeiro ano analisado, e da *Veja*, no segundo ano. Esse fato provavelmente deve estar ligado a uma maior divulgação do tema por artefatos culturais de ampla circulação, o que estimula revistas que atingem grande número de leitores a abordarem o tema em suas matérias.

**Tabela 1 - Lista das reportagens publicadas no período analisado (Junho de 2009 até junho de 2011). São detalhados os títulos e áreas do conhecimento envolvidas nas reportagens das revistas *Veja* e *Scientific American*.**

<i>Revista</i>	<i>Data</i>	<i>Edição</i>	<i>Tema da reportagem</i>	<i>Área(s)</i>
<i>Veja</i>	05/08/2009	2124	Do mínimo ao máximo	Saúde
	27/02/2010	2154	A ciência da pele	Saúde
	23/06/2010	2170	Uma vitória da vida	Saúde
	20/08/2010	2179	Uma nova técnica contra as rugas	Saúde
	17/11/2010	2191	Tênis propulsor: Quem não quer uma ajudinha	Física
	01/12/2010	2193	Uma rede independente de vasos sanguíneos	Saúde
	12/01/2011	2199	A colheita da semente do mal	Saúde
	09/03/2011	2207	Rumo ao papel digital	Física
<i>Scientific American</i>	06/2009	85	Viagem fantástica – nanorobos	Física e Saúde
	07/2009	86	Memória em pista de corridas	Física
	09/2009	88	Uma chave de ferro para supercondutividade	Física
	02/2010	93	Microchips	Física
	02/2010	93	Ascensão e queda das nanobactérias	Biologia e Saúde
	11/2010	102	A reinvenção da folha vegetal	Física, Quim. Biologia
	01/2011	104	Um filtro de água assassino	Biologia e Saúde
	04/2011	107	Órgãos em um chip	Saúde e Física

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012

Entretanto, ao analisar os temas abordados encontramos algumas especificidades. Na revista *Veja*, os textos são geralmente curtos, sendo que apenas dois foram mais extensos, um com sete e outro com nove páginas. Os textos são escritos de forma clara e tratam de assuntos de interesse geral da comunidade, abordando em sua maioria questões na área da saúde e da estética (Tabela 1). A linguagem utilizada é uma mescla de formal e informal, uma vez que o emprego de termos técnicos do discurso científico vem seguido da “tradução” dos mesmos, buscando utilizar uma linguagem mais acessível ao público leigo, o que colabora para um melhor entendimento da notícia.

O discurso visual utiliza nanoimagens, fotos de medicamentos, cosméticos, objetos, mulheres esbeltas, cientistas e personagens públicos.

Em relação ao levantamento na *Scientific American*, revista de cunho científico, predominam relatos de investigações científicas (Tabela 1), o que torna o discurso mais homogêneo, uma vez que a maioria das matérias são escritas por cientistas. Os textos são em sua maioria extensos, apresentando em média cinco páginas, com vistas a informar o leitor, interessado em ciência, sobre as últimas novidades científicas nas mais variadas áreas. Diferentemente da Revista *Veja*, as capas também anunciam as matérias. O discurso visual, geralmente utilizado nas reportagens, traz figuras futuristas e micrografias geradas em laboratório captadas através de microscópio de tunelamento eletrônico e esquemas, sendo esses bastante explicativos, com legendas que facilitam para o leitor o entendimento do texto. Dessa forma, podemos aproximar do que cita Bauman (2009, p.52) “este tipo de notícia vence

as que circulam na estrutura de interação diária [...] pois utiliza termos de espetacularidade e poder de convicção”.

A área da saúde é a mais abordada em ambas as revistas. A nanomedicina pode ser vista como uma área que vem se desenvolvendo muito rapidamente a partir de 2008. (NOVO; GERACITANO; HENNING, 2011). Esse fato resulta do emprego de novas técnicas que visam à realização de tratamentos direcionados exclusivamente para tratar problemas específicos, que na visão de Melo e Pimenta (2004) minimizam os efeitos colaterais, uma vez que atingem somente tecidos alvo. Como, por exemplo, demonstram Heath, Daves e Hood (2009) que no interior de uma nanopartícula pode ser encapsulada uma droga quimioterápica. Essa pode circular durante um longo período na corrente sanguínea e se acumular nos tumores, liberando moléculas terapêuticas, sem entrar na maioria dos tecidos saudáveis.

A revista Veja, apresenta também uma produção interessante na área da cosmetologia. Uma possível justificativa para tal é que, segundo Novo, Geracitano e Henning (2011), trabalhos científicos sobre o tema aparecem de forma significativa a partir de 2010.

Com relação à construção das matérias, um fato que chama atenção é a fonte que autoriza o discurso. A exposição de resultados de pesquisas, nacionais e estrangeiras, sobre o tema as valorizam. De acordo com Gomes (2003, p.15) “[...] é por uma carência que o jornalismo faz um discurso fundado na referencialidade: sempre testemunhando sua palavra, sempre apresentando provas, ou ao menos simulando apresentá-las”. Isto se faz necessário uma vez que, em nossa sociedade, a pesquisa é vista, quase sempre, como prova da verdade que está sendo enunciada, pois traz a comprovação por meio de técnicas experimentais. A contraprova para derrubar uma verdade disseminada por meio de uma pesquisa parece ser aceita somente através de outra pesquisa.

Essa realidade segundo Bauman (2003, p.89) “[...] mostra as relações de poder incorporado na circulação mundial da informação”. Centros de pesquisa e universidades, dos mais variados países, buscam destaque nas descobertas nano. A título de exemplo, um dado estatístico divulgado por Ramos (apud FOLADORI, 2006, p.18) “[...] só nos Estados Unidos havia em 2004 mais de 60 universidades trabalhando em projetos nesta área, com cerca de quarenta mil cientistas envolvidos”. Segundo Quaresma (2010, p.76) “[...] hoje, quem domina os novos materiais detém o poder de forma ampla e absoluta”.

**Tabela 2 - Fontes de informação utilizadas nas reportagens das revistas *Veja* e *Scientific American* no período analisado (Junho de 2009 até junho de 2011).**

Fonte de informação	Revista	
	<i>Veja</i>	<i>Scientific American</i>
Empresas (Laboratórios, Hospitais, etc.)	26	21
Cientistas brasileiros	16	0
Cientistas estrangeiros	16	54
Universidades brasileiras	5	0
Universidades estrangeiras	5	24
Agência C&T públicas	2	6
Personagens públicas	7	0
Perito no assunto (não pesquisador)	2	0
Matérias escritas por repórter	8	3
Matérias escritas por cientistas	0	5
Não há fontes	0	0
Nº médio de páginas por reportagem	3,5	5

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012

Como pode ser observado na discriminação da Tabela 2, ambas revistas buscam atingir seu objetivo levando para a comunidade o que está sendo produzido em termos de ciência nos grandes centros de pesquisa, permitindo uma aproximação do público em geral com pesquisas realizadas no Brasil e no mundo, mas para isso usam de forma diversa as fontes de informação.

Nas matérias presentes na Revista *Veja*, as fontes são bem diversificadas, aparecendo o mesmo número de cientistas nacionais e estrangeiros em suas citações, também dá enfoque significativo a empresas que produzem nanoprodutos. Além dessas fontes, as reportagens trazem outras vozes, como de jornalistas, responsáveis por escrever 100% das matérias, e empresários, o que torna o discurso da *Veja* bastante heterogêneo. Os autores, incorporando assim o discurso científico, sentem-se autorizados a produzir movimentos de explicação, avaliação e comentário.

Além disso, nas matérias são utilizadas entrevistas com pessoas públicas, como políticos, apresentadores, esportistas e atores. Ao utilizar-se desses depoimentos, a revista *Veja* expõe os problemas destas pessoas publicamente, o que pode servir como forma de identificação entre indivíduos comuns e estas figuras públicas. A matéria “Uma vitória da vida”, que trata das novas terapias utilizadas no tratamento do câncer, traz a apresentadora Hebe Camargo, o ex-vice presidente da república José de Alencar, a atriz americana Christina Applegate e o campeão de ciclismo Lance Armstrong, todos eles dão depoimentos sobre a luta que travaram contra a doença. Outra matéria intitulada “A colheita da semente do mal”,

também usa o mesmo recurso, só que apresenta uma cidadã comum com o mesmo problema de saúde. Em relação a essa exposição na mídia, Bauman (2009, p.66), menciona que:

[...] a única vantagem que a companhia de outros sofredores pode trazer é reassegurar a cada um que combater os problemas sozinhos é o que todos os outros fazem diariamente, de modo que revigorar as bandeiras significa lutar por conta próprias. Uma pessoa talvez possa aprender com a experiência alheia (...) mas a primeira coisa aprendida na companhia dos outros é que a vida de cada um está repleta de riscos que precisam ser enfrentados e combatidos por si mesmos.

Dessa forma a revista, além de preocupar-se em divulgar as novas tecnologias no tratamento da doença, também aborda o lado pessoal, mostrando como determinados indivíduos conseguiram conviver com a doença e lutar na busca de uma possível cura e/ou qualidade de vida.

Já na *Scientific American*, os artigos são de autoria de um profissional da área, portanto os sujeitos do discurso são os próprios cientistas, autores do trabalho, que têm como tarefa transmitir informações científicas ao público, sendo que suas fontes fazem menção, exclusivamente, a cientistas e universidades estrangeiras. A linguagem utilizada contém muitos termos técnico-científicos, direcionando a revista mais aos pares e dificultando o entendimento pelo público leigo.

Os autores das matérias encontram-se inscritos no lugar discursivo de cientista divulgador, ocupando a posição de autoridade no assunto, produzindo deslocamento desses saberes da ordem das ciências para os leitores. Para isso, trazem resultados de pesquisas atuais sobre o tema publicados em revistas internacionais, fato que dá maior confiabilidade para o leitor, por ser um cientista ou outro especialista de uma área ligada à reportagem em questão.

O discurso da ciência não pode se fundamentar apenas na linguagem popular, já que os termos específicos da linguagem científica precisam ser compreendidos a partir dos preceitos em que foram criados. Assim, a divulgação científica, ainda que popularize o discurso científico, sempre se fundamentará nas particularidades que definem a linguagem da ciência. (PIMENTA, 2006, p.1).

A afirmação acima pode apontar uma possível justificativa para essa revista optar pelo cientista-repórter em suas matérias, visando a utilizar a voz legitimada. Porém há outros fatos a serem considerados - a credibilidade da notícia e o aprofundamento dos temas abordados -, pois as explicações envolvem várias áreas do conhecimento, o que impede que a mesma seja apresentada por um repórter.

Contudo, apesar de ambas as revistas utilizarem diferentes fontes de informação, relacionando os dados obtidos através desta análise, com os levantados por Novo, Geracitano

e Henning (2011), podemos concluir que as contribuições da nanotecnologia divulgadas nesses veículos midiáticos, estão de acordo com as mais recentes descobertas científicas, o que é muito importante, pois essas informações estão chegando à comunidade, e priorizando temas de interesse público, como saúde.

**Tabela 3 - Quantificação do tipo de informação referente a benefícios e riscos derivados da utilização da nanotecnologia divulgados nas revistas *Veja* e *Scientific American* no período analisado (Junho de 2009 até junho de 2011).**

<i>Tipo de informação</i>	<i>Revista</i>	
	<i>Veja</i>	<i>Scientific American</i>
Riscos para saúde	0	0
Riscos para ambiente	0	0
Benefícios para saúde	5	3
Benefícios para ambiente	0	1
Evolução da tecnologia	1	4
Produtos mais eficientes	3	3

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012

Entretanto, mesmo podendo ser consideradas um elo entre a ciência e a comunidade, observamos que as matérias divulgadas levantam apenas o lado positivo da utilização da nanotecnologia (Tabela 3). Os dados levantados revelam o que vários autores defendem: os significativos benefícios da utilização dessa tecnologia. Como exemplo podemos citar Quina (2004), que destaca como vantagem ambiental a prevenção da poluição, pois o uso de nanomateriais catalíticos aumentam a eficiência e a seletividade de processos industriais, pois as matérias primas podem ser aproveitadas de forma mais eficiente.

Este discurso na visão de Gomes (2003, p.90) é do tipo “[...] assertivo/constatativo, que coloca o dizer como informação incontestável, não deixando margem a contrapontos, sendo disciplinares por excelência [...]”. Sem dúvida que hoje reconhecemos os grandes benefícios da utilização desta tecnologia, mas estudos têm mostrado que existem danos advindos do uso de nanopartículas, uma vez que, os materiais na escala nano, mudam completamente suas propriedades, o que é algo natural da química. (TOMA, 2004).

Exemplificando, apesar de os temas apresentados pela *Veja* serem predominantemente sobre saúde, algo que chama atenção é que todas as reportagens analisadas se empenham apenas em mostrar as vantagens da utilização de nanoproductos, seja no tratamento de doenças ou na utilização de cosméticos que melhoram a aparência da pele ou, ainda, em produtos de uso comum. Em nenhum momento os discursos apresentados fazem menção a estudos



nanotoxicológicos, os quais visam a estudar a interação entre nanomateriais e sistemas biológicos- células, tecidos e seres vivos.

Uma possível explicação para a ausência na abordagem dos aspectos colaterais da nanotecnologia, talvez seja devido ao intervalo temporal entre a produção acadêmica e a divulgação científica. Apesar de um acréscimo nos estudos investigativos, esses são recentes e ainda sabemos muito pouco sobre as consequências que estas intervenções tecnológicas poderão causar sobre o ser humano e o meio ambiente. Segundo Novo; Geracitano; Henning (2011), pesquisas na área na nanotoxicologia aparecem, de forma significativa, na *Web of Science* a partir de 2007. Essa área segundo os pesquisadores Oberdörster et. al. (2005), Fischer e Chan (2007), tem como objetivo avaliar os riscos associados à exposição a nanomateriais, explorar as vias de entrada de nanopartículas no organismo e estudar os mecanismos moleculares de toxicidade das nanopartículas.

Frente a isso, o INCT-NC, mostrando sua preocupação com a saúde e o entorno, formou uma equipe que se dedica a estudos relacionados à toxicidade dos nanomateriais de carbono. Algumas pesquisas realizadas por essa equipe, liderada pelo Dr. Monserrat, foram mencionados anteriormente. O *GEO Year Book do United Nation Environmental Programme* (UNEP), também demonstrando sua atenção com o ambiente, afirma que se desconhecem até o momento os impactos ambientais e que, no geral, não existem controles públicos. Finaliza, recomendando a realização de pesquisas com maior sistematicidade.

Assim, como forma de respeito e alerta aos leitores, é necessário que as matérias de divulgação mencionem pesquisas paralelas que vêm sendo realizadas na área da nanotoxicologia, pois as mesmas trazem resultados sobre possíveis danos, ou não, que essas técnicas podem causar à saúde dos que as utilizarem, ou ainda alertarem sobre o uso com cautela, devido ao pequeno número de pesquisas na área. A visão unilateral mostrada pelas revistas não gera conhecimento crítico, pois não permite que o leitor conheça os dois lados da utilização dessas novas tecnologias.

### **2.2.8 Considerações Finais**

Ambas as revistas analisadas demonstram, através do número de matérias divulgadas, o interesse em levar temas científicos e tecnológicos para seus leitores, configurando-se importantes veículos de educação informal, desempenhando a função informativa.

Os temas abordados na área das nanociências e apresentados nas duas revistas estão de acordo com as pesquisas atuais disponíveis na base de dados da *Web of Science*, podendo ser considerados artefatos culturais de grande relevância na divulgação das novidades nanotecnológicas.

As revistas preocupam-se em trazer sempre a voz do cientista como forma de dar maior confiabilidade às notícias e utilizam estratégias para levar ao leitor uma clara compreensão do assunto em pauta, envolvendo-o na leitura da reportagem.

Entretanto, uma limitação encontrada nos artigos examinados se revela no momento em que nenhuma matéria abarcou efeitos danosos para a saúde ou o ambiente advindos do uso da nanotecnologia, o que pode levar o leitor a concluir que não há pesquisas que apontem aspectos negativos referentes ao emprego de nanopartículas na confecção dos mais variados produtos.

Mesmo assim, podemos considerar que a mídia tem cumprido com seu papel social e acompanhado a evolução científica. Os discursos apresentados facilitam a circulação de novos conhecimentos entre seus leitores, pois apesar de alcançarem um público relativamente pequeno, se comparados com outros veículos da mídia moderna, ainda atingem muitas pessoas, exercendo um grande poder quando se trata de influenciar a opinião pública em assuntos como ciência e tecnologia.

Sendo assim, esses artefatos culturais podem ser considerados grandes aliados na educação formal, uma vez que cabe a ela trabalhar com conhecimentos científicos atualizados e democratizar essa divulgação científica.

Frente a todas essas colocações, parafraseando Bauman, podemos dizer que tratamos neste artigo de “Um admirável mundo nano”. Mas será que o mundo novo é tão admirável assim? E o mundo nano?

### 2.2.9 Referências

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre nanotecnologia**. Campinas: UNICAMP/FUNCAMP, 2010.

ALMEIDA, Paulo Roberto. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, set. 2005. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=31314>>. Acesso em: 20 set. 2011.

BARBERO, J. **La educación desde la comunicación**. Enciclopédia Latinoamericana de Sociocultura y Comunicación. Buenos Aires: Grupo Editorial Norma, 2002.

BAUMAN, Zygmunt. **Comunidade: a busca por segurança no mundo atual**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

\_\_\_\_\_. **A sociedade individualizada: vidas contadas e histórias vividas**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009.

DREXLER, Eric. **Engines of creation: the coming era of nanotechnology**. USA: Anchor Books Edition, 1986.

EDITORA Duetto. **Institucional**. 2010. Disponível em: <<https://www.lojaduetto.com.br/produtos/?idproduto=2777&action=info>>. Acesso em: 25 maio. 2010.

FEYNMAN, Richard. **There is plenty of room at the bottom**. Pasadena: California Institute of Technology, 1960. Disponível em: <<http://www.zyvex.com/nanotech/feynman/html>>. Acesso em: 15 set. 2010.

FISCHER, Hans; CHAN, Warren. Nanotoxicity: the growing need for in vivo study. **Current Opinion in Biotechnol**, Toronto, v.18, dez., 2007, p.565-571. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18160274>>. Acesso em: 01 jun. 2012.

FISCHER, R. M. B. **Adolescência em discurso: mídia e produção de subjetividade**. 1996. 300 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela (Coord.). **Nanotecnologias disruptivas – implicaciones sociales de las nanotecnologias**. México: Universidad Autónoma de Zacatecas, 2006.

GEO Year Book. **United Nation Environmental Programme**. 2007. Disponível em: <<http://www.unep.org/geo/yearbook/yb2007/>>. Acesso em: 10 out. 2010.

GOMES, M.R. **Poder no Jornalismo: discorrer, disciplinar, controlar**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

HEATH, James; DAVES, Mark; HOOD, Leroy. Nanomedicina no tratamento do câncer. **Revista Cientific American Brasil**, [s.l.], n.82, mar., 2009, p.42-49.

IJIMA, S. Helical microtubules of graphitic carbon. **Journal Nature**, Japan, v.354, nov., 1991, p.56-58.

INÁCIO, E.M. **O controle espetacular nas capas da revista Veja: uma análise discursiva**. 2008. 115 f. Tese (Mestrado) – Instituto de Estudos a Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008.

KROTO, H.; HEATH, J.; O'BRIEN, S.; CURL, R.; SMALLEY, R. E. C-60-buckminsterfullerene. **Nature**, [s.l.], n.6042, v.318, 1985, p.162-163.

LEE, P.C.; MEISEL, D. Adsorption and Surface Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sals. **The Journal of Physical Chemistry**, [s.l.], n.17, v.86, ago., 1982, p.3391-3395.

LIBÂNEO, J. C. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** São Paulo: Cortez, 1999.

MELO, C.; PIMENTA, M. Nanociências e Nanotecnologia. **Parcerias estratégicas**, [s.l.], n.18, ago. 2004. Disponível em: <[http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/130/124](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/130/124)>. Acesso em: 12 mar. 2012.

MONSERRAT, J.; DÍAZ JARAMILLO, M.; RIBAS, J.; ROCHA, A.M.; BAY-SMITH, E.; FILLMANN, G.; BARRA, R. Antioxidant responses in the polychaete *Perinereis gualpensis* (Nereididae) exposed to the carbon nanomaterial fullerene (C60). **Chemistry and Ecology**, [s.l.], n.1, v.27, fev., 2011, p.43-48.

MONSERRAT, J.; LETTS, R.E.; PEREIRA, T.C.; BOGO, M.R. Biologic Responses of Bacteria Communities Living at the Mucus Secretion of Common Carp (*Cyprinus carpio*) After Exposure to the Carbon Nanomaterial Fullerene (C60). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [s.l.], v.61, nov., 2011, p.311-317.

MONSERRAT, J.; BRITTO, R.C.; GARCIA, M.L.; ROCHA, A.M.; FLORES, J.A.; PINHEIRO, M.V.; FERREIRA, J. Effects of carbon nanomaterials fullerene C60 and fullerol C60(OH)18–22 on gills of fish *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) exposed to ultraviolet radiation. **Aquatic Toxicology**, [s.l.], v.114-115, jun., 2012, p.80-87.

MORIN, E. **Cultura de massa no século XX: o espírito do tempo**. 3.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1975.

NOVO, M.S.; GERACITANO, L.A.; HENNING, P. Padrão de relacionamento entre as nanociências, saúde e biologia: uma análise histórica utilizando o programa *Citespace* e algumas ferramentas foucaultianas. **Revista História, Ciência e Saúde Manguinhos**, Rio de Janeiro, 2011, no prelo.

OBERDÖRSTER, Gunter; OBERDÖRSTER, Eva; OBERDÖRSTER, Jan. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. **Environmental Health Perspectives**, Rockville Pike, n.7, v.113, jul., 2005, p.823-839. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1257642/>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

ORLANDI, M. Nanotecnologia: a revolução industrial do século XXI. **Revista Ciência e Tecnologia**, [s.l.], jul. 2006, p.18. Disponível em: <[http://www.dfq.feis.unesp.br/docentes/MarceloII/Revolucao\\_Nano.pdf](http://www.dfq.feis.unesp.br/docentes/MarceloII/Revolucao_Nano.pdf)>. Acesso em: 17 set, 2011.

PIMENTA, C. P. A divulgação científica ano Brasil e o interesse público. **Ciência e Comunicação**, v.3, n.4. Revista digital, 2006. Disponível em: <<http://www.jornalismocientifico.com.br/revista/04/artigos/artigo5.asp>>. Acesso em: 23 set. 2011.

QUARESMA, A. **Nanotecnologias: zênite ou nadir?** Rio de Janeiro: Escriba, 2010.

QUINA, F. Nanotecnologia e meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, São Paulo, Scielo, v.27, n.6, 2004.

SILVA, T. T. **Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo**. Belo Horizonte: Autentica, 2004.

TOMA, H. **O Mundo nanométrico**: a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos USP, 2004.

YAN, Li; GALLI, Giulia; GYGI, François. Electronic Structure of Thiolate-Covered Gold Nanoparticles: Au<sub>102</sub>(MBA)<sub>44</sub>. **American Chemical Society - ACS NANO**, Washington, n.9, v.2, ago., 2008, p.1896–1902. Disponível em: <<http://diplo.uol.com.br/2006-03>>. Acesso em: 16 fev. 2011.

ZARBIN, A. Química de (nano) materiais. **Química Nova**, São Paulo, n.6, v.30, 2007, p.1469-1479.

## 2.3 NANO E A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: CONCEPÇÃO DOS PROFESSORES DO ENSINO BÁSICO.

### NANO AND SCIENCE EDUCATION: DESIGN OF ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS

Magda Suzana Novo<sup>1</sup>  
 Laura Alicia Geracitano<sup>2</sup>  
 Fernanda Antoniolo Hammes de Carvalho<sup>3</sup>

O que se aprende, se desgasta, porque tudo que um dia foi novo, envelhece. Por isso, reconstruir é uma empreitada dialética, que vive de superações infinitas, por elevação. Este é um dos argumentos fundamentais de educação permanente. (DEMO, 2004, p.63).

#### 2.3.1 Resumo

No presente trabalho realizamos uma enquete com professores da educação básica participantes do curso de extensão *on line*, intitulado “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia”, oferecido através da plataforma *moodle* da Universidade Federal do Rio Grande –FURG. O *corpus* da pesquisa emergiu das respostas produzidas pelos docentes, sendo sujeitas a análises quantitativa e qualitativa. Tivemos como objetivo investigar e analisar o conhecimento que esses profissionais possuem sobre o tema nanociências e nanotecnologia, bem como as fontes desses conhecimentos e com que finalidade buscam esse tipo de informação. Os resultados demonstram que apesar de possuírem um conhecimento inicial sobre a temática, os conceitos são muitas vezes equivocados e/ou insuficientes, sendo que o contato com o assunto ocorreu principalmente através de artefatos culturais. A principal motivação para a realização do curso foi a busca de maiores informações na área com vistas a informar seus alunos sobre as novidades científicas emergentes.

**Palavras-chave:** Nanociência. Nanotecnologia. Educação. Curso *on line*.

#### 2.3.2 Abstract

In the present work, a survey with elementary school teachers, participants of the online extension course called “Beyond the didactic book: nanosciences, nanotechnology and

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono. Mestrado em Ciências Fisiológicas-FURG. E-mail: magda@vetorial.net.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono. Doutorado em Ciências: Oceanografia Biológica – FURG. E-mail: laurageracitano@gmail.com.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande. Pós-graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e da Saúde. PRODOC CAPES. Doutorado em Educação - PUC/RS. E-mail: fahc@vetorial.net.

nanotoxicology”, provided through Federal University of Rio Grande’s (FURG) *moodle* platform was conducted. The *corpus* of this research arose from the answers given by the teachers, being subject to quantitative and qualitative analyses. We had as goals investigating and analyzing the knowledge these professionals have on the nanosciences and nanotechnology theme, as well as the sources of this knowledge and why they search for this kind of information. The results show that despite having an initial knowledge on this thematic, the concepts are, many times, mistaken and/or insufficient and that the contact with this issue happened mainly through cultural artifacts. The main motivation for taking the course was the search for further information in the area so they can inform their students about the emerging scientific news.

**Keywords:** Nanoscience. Nanotechnology. Education. On line course.

### 2.3.3 Introdução

O progresso científico e tecnológico tem efeitos no bem-estar da humanidade, o que implica que os resultados de suas possibilidades e limitações sejam entendidos e pensados de forma reflexiva e crítica pela sociedade. Assim, frente às grandes descobertas científicas, que se aceleraram em forma vertiginosa a partir das últimas décadas, se faz necessário que o acesso a estas novidades sejam oportunizadas aos cidadãos. Neste sentido a Educação em Ciências possui papel relevante, devendo esta promover a articulação entre novos saberes e o cotidiano escolar, uma vez que vivemos em uma sociedade que valoriza em muito o conhecimento científico e onde a tecnologia intervêm na vida diária dos cidadãos.

Entretanto, conforme Torresi, Pardini e Ferreira (2012), a maior parte da sociedade não se apropria, não recebe nem entende as informações dos avanços científicos e tecnológicos, apesar disto estar previsto no Projeto de Lei 1120/07, de 2007, aprovado na Comissão de Educação e Cultura da Câmara dos Deputados, a qual obriga pesquisadores e entidades científicas a publicarem suas produções na internet.

Em relação às temáticas científicas e tecnológicas emergentes, nos deteremos nesse artigo às nanociências e nanotecnologia. Novo, Geracitano e Henning (2011) demonstraram, em pesquisa realizada na *Web of Science*, que há três décadas teve início a popularização desses temas por Eric Drexler (1986), mas explosões de trabalhos nessas áreas aparecem de forma significativa a partir de 2006, relacionando-se principalmente a aplicações de nanomateriais e nanodispositivos para fins diagnósticos e terapêuticos. Assim, essas áreas vêm se destacando desde a década de 80 e se referem, respectivamente, ao estudo de estruturas que apresentam tamanho muito reduzido e à aplicação tecnológica dessas para produção de novos materiais. Essas estruturas diminutas, denominadas nanopartículas (NPS),

apresentam como unidade de medida o nanômetro, bilionésima parte do metro, “[...] assim a nano-escala é cerca de três ordens de grandeza menor do que a própria célula.” (LAMPTON, 1994, p.9).

Em relação à nanotecnologia, podemos considerar que ela vem se fazendo presente em nossas vidas, uma vez que “[...] está sendo incorporada aos produtos finais, especificamente na indústria automotiva, tintas, fármacos, cosméticos, eletrônica, têxtil, entre outros.” (ABDI, 2010, p.37). Entretanto, apesar de sermos nanoconsumidores, não sabemos exatamente do que trata esta ciência emergente e pouco conhecimento temos a respeito dos transtornos e riscos que poderão produzir à saúde humana e ambiental. (GEO YEAR BOOK, 2007).

Frente a esse escasso conhecimento sobre o tema Fagan, considera que,

A urgência em tratar temas de nanociências e nanotecnologia nas diferentes esferas da sociedade está ficando cada dia mais acentuada. Os primeiros produtos nanotecnológicos começam a aflorar no mercado, sendo que esta tecnologia deixa de ser simplesmente um tópico de ficção científica. (FAGAN, 2009, p.11).

Atualmente informações sobre emprego de nanopartículas em produtos chegam à população principalmente através da mídia. Essa percepção é corroborada em estudo recente realizado por Novo, Geratitano e Carvalho (2012), o qual objetivou levantar e caracterizar a divulgação científica sobre a temática nanociências, promovida através de matérias das revistas *Veja* e *Scientific American*, no período compreendido entre junho de 2009 a junho de 2011, cujos resultados demonstram que ambas as revistas apresentam unicamente as vantagens da utilização da nanotecnologia, sem fazer referência às possíveis consequências para a saúde e o ambiente do uso indiscriminado de alguns nanomateriais. O estudo conclui que esses artefatos culturais desempenham um importante papel como meio de educação informal, constituindo-se como uma fonte fundamental de divulgação das novidades científicas nesta área.

Em relação a essa forma de educação, Silva (2004) menciona que tal como a educação, as outras instâncias culturais também são pedagógicas, pois têm uma ‘pedagogia’, logo ensinam alguma coisa, ajudando a constituir a forma de agir e de ser dos sujeitos. Essa percepção também é defendida por Libâneo (1999), ao relatar que a aproximação do público com o conhecimento científico é um processo educativo, o qual permite à comunidade em geral, compreender diversos aspectos do mundo que a cerca. Ao possibilitar o acesso a essas informações, desencadeia-se um processo de alfabetização científica, mas por outro lado, essas atividades têm intencionalidade e baixo grau de estrutura e sistematização. Segundo



Barbero (2002) os saberes circulam cada vez mais fora dos lugares sagrados que antes o detinham, além de terem se afastado das figuras sociais que os administravam.

Por observarmos que a divulgação científica está centrada na educação informal, havendo uma disparidade entre educação formal e científica, tivemos a preocupação de promover um curso de extensão *on line* “Além do livro didático nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia”, oferecido a professores do ensino básico, com a finalidade de orientá-los sobre estes temas, bastante comuns na mídia, mas distante das salas-de-aula.

Frente a isso e, considerando as nanociências e nanotecnologia temas bastante atuais, levantamos alguns questionamentos que julgamos pertinentes: Os achados científicos na área das nanociências e nanotecnologia são divulgados para a sociedade? Que conhecimento os professores possuem sobre o tema? Qual a principal fonte que os docentes utilizam em busca de novos conhecimentos sobre nanociências e nanotecnologia? Com que finalidade buscam esses conhecimentos?

Em prol de dar conta desses questionamentos, o presente trabalho, fomentado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono - INCT-NC, o qual tem como uma de suas missões analisar a inserção desse tema na educação, apresenta pesquisa realizada junto a professores participantes de curso de extensão on-line “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia”.

### **2.3.4 A ciência na educação formal**

Por serem as nanociências e nanotecnologia um campo do conhecimento revolucionário, que levará certamente a mudanças significativas na sociedade, podemos evidenciar a relevância do tema para a educação. Para que isto se torne realidade é necessária a formação de profissionais orientados de modo que seja possível a inclusão do tema em suas salas de aula, com vistas ao desenvolvimento da cidadania, pois estas novas tecnologias ao produzir novos materiais tendem a afetar o cotidiano de nossas vidas.

Já não é de hoje que vem sendo discutida a necessidade da inserção de temáticas emergentes nos currículos escolares, já que o principal veículo de informação sobre as novidades científicas deve ser escola. Em relação a isso, Holton (1979, p.216), afirma ser importante “[...] colocar pelo menos um mínimo de história da ciência, epistemologia e discussão do impacto social da ciência e tecnologia (CT) no material educacional utilizado nas aulas de Ciências”. Ainda nesta linha, Tricário (1996, p.88) defende que “[...] nas ações e

nas estratégias planejadas sejam discutidas as distintas concepções dos cientistas e a forma como evolui a construção deste tipo de conhecimento”. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para as ciências da natureza orientam o seguinte:

A crescente presença da CT nas atividades produtivas e nas relações sociais, por exemplo, que, como consequência, estabelece um ciclo permanente de mudanças, provocando rupturas rápidas, precisa ser considerada. Comparados com as mudanças significativas observadas nos séculos passados – como a máquina a vapor ou o motor a explosão –, cuja difusão se dava de modo lento e por um longo período de tempo, os avanços do conhecimento que se observam neste século criam possibilidades de intervenção em áreas inexploradas [...]. (BRASIL, 2000, p.12).

Entre esses avanços nas formas de obter conhecimento, destacamos a educação a distância como uma forma diferenciada de educação formal, com ferramentas capazes de levar os docentes a uma imersão em novos conhecimentos, contribuindo no processo formativo desses profissionais, com vistas a ressignificar sua prática pedagógica.

O uso da tecnologia poderá contribuir como uma alternativa para a formação profissional tanto em termos quantitativos, como qualitativos, já que esse método permite a construção de ambientes em que diferentes pessoas podem estimular a transformação do processo de aprendizagem em uma ação interativa e fascinante, com objetivos educacionais concretos. Essa adaptação merece que se tenha um maior domínio da relação entre atividade tecnológica e educação, o que deverá ter impacto nos processos de aprendizagem. (SOUZA, 2012, p.9).

Perante essas novas realidades, tanto na rápida evolução dos conhecimentos científicos como nas formas de obter qualificação profissional é relevante uma reestruturação na educação formal. Os currículos escolares deveriam proporcionar a exploração de temáticas científicas emergentes, com vistas a oportunizar aos alunos informações sobre o mundo que os cerca e os efeitos da ciência na sociedade, já que existem vários meios possíveis dos profissionais buscarem qualificação profissional, seja através da educação formal ou informal.

Nesta perspectiva, Saviani (2003) destaca a importância dos discentes apresentarem uma concepção científica de mundo, o conhecimento científico nos planos de estudos são essenciais para o processo de elaboração e apropriação do saber. Isto tende a aguçar a curiosidade do aluno, tornando as aprendizagens mais significativas e desenvolvendo a capacidade de argumentação diante de novidades na área científica.

Frente a esta necessidade, ressaltamos a relevância na preparação dos professores para lidarem com temas emergentes. Esses agentes transformadores necessitam de atualização a fim de tornarem-se profissionais qualificados mediante às novas realidades científicas. Esses conhecimentos deveriam constituir saberes disciplinares, os quais, segundo Tardif:

[...] integram-se à prática docente através da formação inicial e continuada dos professores nas diversas disciplinas oferecidas pela universidade. São saberes que correspondem aos diversos campos do conhecimento, saberes de que dispõe a nossa sociedade, tais como se encontram hoje integrados nas universidades, sob a forma de disciplinas, no interior de faculdades e de cursos distintos, emergem da tradição cultural e dos grupos sociais produtores de saberes. (TARDIF, 2007, p.38).

Neste contexto Boff, Frison e Del Pino defendem que:

Para enfrentar as demandas de mudanças impostas pela velocidade do avanço científico e tecnológico, em que os problemas educacionais ampliam-se e tornam-se complexos, provocando desafios que nem sempre conseguem ser enfrentados no ritmo exigido pela sociedade, ressalta-se a necessidade da formação de um professor com um novo perfil. (BOFF; FRISON, DEL PINO, 2007, p.71).

Esse novo profissional além de interar-se com as constantes novidades científicas também precisa reestruturar sua prática, com vistas a poder lidar com isso. Neste contexto outro aspecto a ser abordado é a inserção, na educação formal, de um enfoque interdisciplinar, uma vez que temáticas emergentes, como as nanociências, não podem ser abordadas de forma isolada, por estarem imersas em diversas disciplinas que fazem parte do currículo escolar. “Trabalhar de forma interdisciplinar é superar a fragmentação dos conteúdos e ocupar-se com os fenômenos em sua globalidade.” (MORAES apud GALIAZZI, 2008, p.23).

Esta forma de atuação apresenta grande relevância no ensino de ciências, uma vez que o engajamento de várias áreas se faz necessário para que ocorra uma articulação entre os saberes, visando à formação de indivíduos mais preparados para contribuir com o desenvolvimento científico-tecnológico e para buscarem soluções para possíveis impactos causados por essas novas tecnologias.

Assim, avaliando a ampla aplicação e o impacto social da nanotecnologia e, pensando a profissão docente como um processo que não se esgota na formação inicial, mas que exige formação continuada, faz-se necessário a permanente atualização profissional nesse campo.

### **2.3.5 Objetivo**

O trabalho objetivou investigar e analisar o conhecimento que professores da educação básica possuem sobre o tema nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia, bem como as fontes desses conhecimentos e com que finalidade buscam esse tipo de informação.

### 2.3.6 Metodologia

O estudo investigativo envolveu pesquisa junto a 44 alunos do curso *on-line* de extensão universitária intitulado “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia”, oferecido pelo INCT-NC, sediado na Secretaria de Educação a Distância – Universidade Federal do Rio Grande (SEAD-FURG), a professores brasileiros do ensino básico.

Os profissionais que participaram do curso atuam na rede de ensino de vários estados do Brasil. Nesta pesquisa utilizamos como critério para recorte, os docentes dos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul, uma vez que esses compreendem a grande maioria dos participantes do curso.

Levando em conta o objetivo do estudo, a coleta de dados envolveu a aplicação de questionário com questões abertas e fechadas no início do curso. O *corpus* da Pesquisa emergiu das respostas produzidas pelos alunos, as quais foram analisadas de forma quantitativa e qualitativa. As questões foram elaboradas visando a obter informações que respondessem ao nosso problema de pesquisa. Os resultados da análise qualitativa dessa pesquisa são provenientes das interpretações e inferências das respostas dos colaboradores da pesquisa, articuladas com os referenciais teóricos. A pesquisa qualitativa está principalmente interessada em como as pessoas experimentam, entendem, interpretam e participam de seu mundo social e cultural. (LANKSHEAR; KNOBEL 2008).

### 2.3.7 Análise e discussão dos dados

Inicialmente os dados permitiram traçar o perfil dos alunos do curso. Dentre o total de 44 alunos, 17 são biólogos, 14 físicos, 2 químicos, 1 engenheiro ambiental, 1 historiador, 1 da aquicultura e 8 não identificaram a área de atuação, destes; 24 são do RS e 20 de MG. Docentes de Biologia e Física aparecem como grande maioria, totalizando 70% dos participantes.

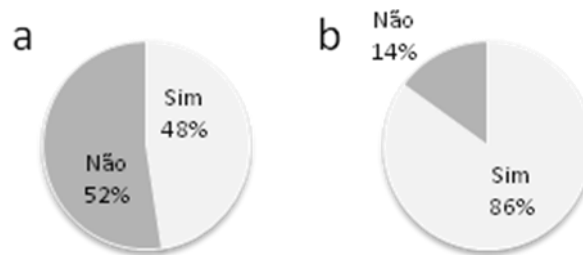
O fato de biólogos e físicos aparecerem como maioria dos profissionais que buscou o curso tem grande relevância, pois segundo Fagan

O aprendiz deve ser capaz de entender ciências básicas como física, química e biologia para entender o real potencial da nanotecnologia, assim como relacioná-las para visualizar a sua aplicação. A interação entre estas ciências básicas, bem como

suas técnicas de manipulação, é que torna a nanotecnologia uma área extremamente promissora. Esta interação é definida como o ponto-chave na forma de ensinar e aprender nanociências. (FAGAN, 2009, p.7).

Através da análise quantitativa dos dados podemos constatar que, em relação ao conhecimento de produtos disponíveis no mercado que utilize nanotecnologia em sua composição, não há uma diferença significativa nas respostas dos professores, como pode ser observado na Figura 1a.

**Figura 1:** Questionário aplicado ao grupo de participantes do Curso de Extensão On-line “Além do livro didático: Nanociências, Nanotecnologia e Nanotoxicologia” oferecido pela Universidade Federal do Rio Grande e o Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono (CNPq). Resposta às perguntas: (a) Você já teve conhecimento sobre algum produto, disponível no mercado, que utilize nanotecnologia em sua composição? (b) Entre os participantes que responderam “Sim” na Figura 1.a, ou seja, os que têm conhecimento sobre produtos disponíveis no mercado com nanotecnologia, os 48%, fizemos um recorte e mostramos na Figura 1.b os que utilizaram ou não produtos com nanotecnologia em sua composição. Valores expressos em percentual a respeito do total de participantes (n=44).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2013

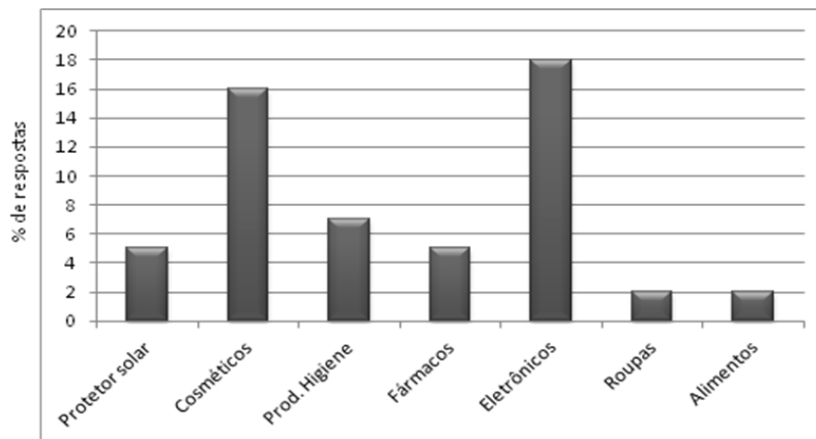
Os dados da Figura 1a, nos permitem constatar que os 23 (52%) professores que apontam desconhecer a aplicação da nanotecnologia nos produtos que consomem, podem não se identificarem como nanoconsumidores. Para Pimenta (2006), apesar da ciência estar em todas as áreas do conhecimento, a população brasileira nem sempre busca ou tem acesso ao conteúdo científico, talvez por acreditar que a divulgação científica sirva apenas para os pares. Um fato provavelmente ligado a essa visão seja a complexidade da ciência.

O mesmo pode ser inferido quando analisados os percentuais na Figura 1b, a qual demonstra que, dentre os 21(48%) professores que afirmaram ter conhecimento acerca de produtos disponíveis no mercado que apresentem constituintes derivados de nanotecnologia, 18 (86%) afirmaram ter já utilizado esse tipo de produto e apenas 3 (14%) dos professores responderam que não. Esses últimos possivelmente os utilizem sem que haja consciência disso, o que apresenta concordância com Torressi, Pardini e Ferreira (2012), ao mencionarem que as pessoas usam a CT no seu dia-a-dia sem se perceber muito dessa realidade. Essa ideia

é corroborada por Barrera e Novo (2011), cuja pesquisa sobre nanoconsumo realizada na Universidade Federal do Paraná, mostra que 40 % dos entrevistados não têm por hábito ler os rótulos dos produtos que consomem. A leitura dos rótulos presentes nas embalagens, de acordo com Machado et. al. (2006) é importante por ser este uma fonte de informações assegurada por lei sobre diversos aspectos, como a segurança, a qualidade, fabricante do produto, estando disponível ao consumidor de forma a contribuir na tomada de decisão sobre a aquisição ou não do produto e como consequência aumentar a eficiência do mercado e o bem-estar do consumidor. Conforme Hernando (2002), em relação ao conhecimento científico tecnológico, mesmo imersos numa sociedade cada vez mais influenciada pela CT, os cidadãos sabem muito pouco sobre estas questões, apesar de elas terem influência na vida individual e coletiva.

A Figura 2 apresenta as respostas obtidas na questão 3, na qual os professores que responderam sim ao consumo (Figura 1b) indicavam o produto que utilizam com maior frequência.

**Figura 2:** Questionário aplicado ao grupo de participantes do Curso de Extensão On-line “Além do livro didático: Nanociências, Nanotecnologia e Nanotoxicologia” oferecido pela Universidade Federal do Rio Grande e o Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono (CNPq). Resposta à pergunta: Qual produto você já utilizou? Valores expressos em percentual a respeito do total de participantes (n=44).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2013

A maioria dos professores mencionou utilizar apenas um tipo de produto proveniente da indústria nanotecnológica, aparecendo em maior número cosméticos e produtos eletrônicos, o que coincide com pesquisa realizada por Novo e Geracitano (2012), apresentada no 4º Encontro do INCT de Nanomateriais de Carbono. Essa objetivou levantar o conhecimento que a comunidade universitária da FURG possui sobre o tema nanoconsumo,

entre os produtos mais utilizados destacam-se os eletrônicos e protetor solar, totalizando 72% dos entrevistados como usuários destes. Esses nanoprodutos campeões na pesquisa coincidem com os que aparecem no ranking da mídia. Somente 3 professores demonstraram conhecer uma aplicação mais ampla da nanotecnologia, conforme transcrições abaixo:

P8- *Eletrônicos, cosméticos, alimentos, vestuário*

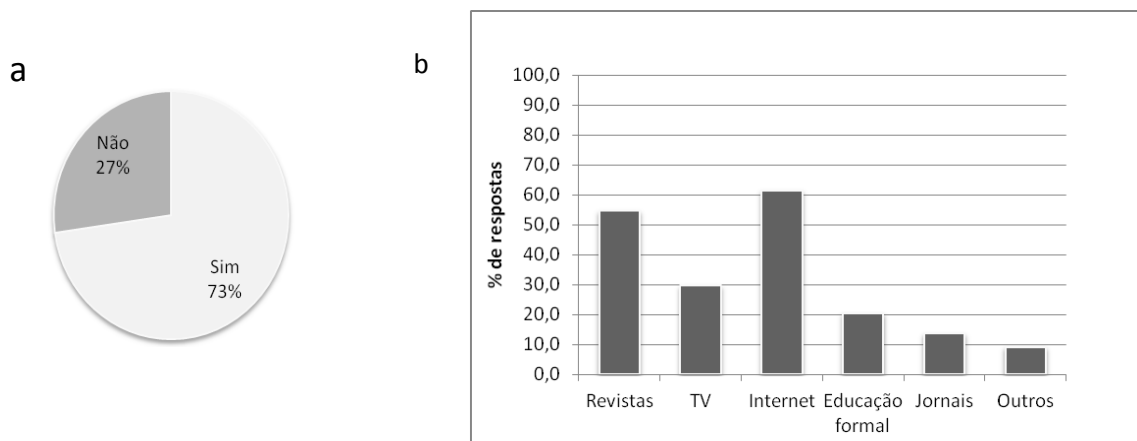
P19- *Informática, fármacos, polímeros*

P20- *Cosméticos, produtos de higiene, roupas*

Os resultados até então demonstrados podem estar relacionadas com a fonte de conhecimento utilizada por esses professores acerca da nanociências e nanotecnologia. Quando questionados se tiveram acesso a reportagens sobre o tema, obteve-se as respostas que podem ser observadas na Figura 3a. Em relação aos professores que responderam sim, perguntou-se ainda qual a fonte de informação, cujas respostas estão na Figura 3b.

Na liderança aparecem como principais os itens revistas e internet, com 54% e 61%, respectivamente, somente 20% dos participantes tiveram acesso ao tema pela educação formal. Esses percentuais se aproximam das ideias de Quaresma (2010, p.19) “[...] a população global, por enquanto, nada ou quase nada sabe sobre o tema nanotecnologias, e quando sabe, é por força de mensagens subliminares pré-fabricadas, apresentadas pela mídia”.

**Figura 3:** Questionário aplicado ao grupo de participantes do Curso de Extensão On-line “Além do livro didático: Nanociências, Nanotecnologia e Nanotoxicologia” oferecido pela Universidade Federal do Rio Grande e o Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono (CNPq). Respostas às perguntas: (a) Você já teve acesso a alguma reportagem sobre o tema nanociências? (b) Entre os que responderam sim, qual a fonte de informação? Valores expressos em percentual a respeito do total de participantes (n=44).



Em relação à divulgação científica pelas revistas, Novo, Geracitano e Carvalho (2012) demonstram que a *Veja* e *Scientific American* tem por hábito escrever matérias divulgando a utilização de nanopartículas nos produtos supracitados. Libâneo (1999) corrobora com essa ideia ao abordar que está havendo uma alfabetização científica via educação informal. As temáticas apresentadas nessas matérias estão de acordo com os temas divulgados nas mais atuais pesquisas científicas. (NOVO; GERACITANO; HENNING, 2011).

Os dados levantados por Barrera e Novo (2011) e Novo e Geracitano (2012), também vem ao encontro desse resultado. Ambas as pesquisas demonstraram, respectivamente, que na comunidade universitária da Universidade Federal do Paraná (UFPR) 60% dos entrevistados tiveram informação sobre o tema através desses mesmos veículos midiáticos, enquanto na FURG, somam-se a esses veículos a televisão.

As respostas acima talvez indiquem que a educação formal não é fonte de informações científicas no campo das nanociências. Para Bertolli (2007) as questões científicas no geral, ainda se apresentam praticamente ausentes na maior parte dos textos escolares que, ao enfatizarem as condições técnicas da ciência, dedicam espaços anêmicos para o questionamento do saber e da prática social deste mesmo saber. Ainda destaca que os textos de divulgação devem ser aproveitados nas aulas de ciências e biologia, o que não implica a substituição dos materiais de ensino tradicional pelos produtos da indústria de comunicação.

Analisando as fontes de informação mencionadas, constatamos que essas podem ser uma possível causa da visão superficial que os professores possuem sobre o tema, justificando inclusive as respostas a questão 8, pergunta aberta que solicitava aos mesmos a definição dos termos nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia. Dentre os participantes, 6 (14 %) dos professores apontaram o desconhecimento desses conceitos, entre os que responderam a questão podemos constatar que várias respostas foram elaboradas a partir de frases curtas, sem rigorismo científico, como podemos observar a seguir.

P3- *Nanociências é a ciência que estuda os materiais na ordem de nanômetros.*

P24- *Estuda a organização dos átomos, por exemplo nanotubos de carbono.*

P28- *Materiais desenvolvidos em escala nano.*

Apesar disso, observamos que esses sujeitos possuem um conhecimento inicial sobre a temática, pois em suas respostas utilizaram termos técnicos importantes na área e na elaboração do conceito de nanotecnologia, como: nanotubos, nanoescala e nanômetros.



A continuidade da análise nos permitiu também identificar equívocos sobre os conceitos de nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia em algumas respostas, conforme exemplos a seguir:

P10- *Nanociências: creio que seja a ciências que estuda os nanocompostos, suas aplicações e sua influência na vida dos seres vivos.*

P30- *Nanociências: ciência que lida com nanopartículas para produção de novos produtos.*

P40- *Eu entendo por nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia que são temas que envolvem nanochips e nanorobos.*

A percepção da mídia como principal fonte desses professores e suas possíveis limitações quanto à divulgação científica, encontra apoio no pensamento de Moreira, o qual enfatiza que:

[...] a cobertura sobre CT nos meios de comunicação é no geral deficiente e freqüentemente de qualidade inferior. Na mídia impressa e televisiva, a ciência é apresentada usualmente como um empreendimento espetacular, no qual as descobertas científicas são episódicas e realizadas por indivíduos particularmente dotados. As aplicações reais ou imaginadas da ciência recebem grande ênfase, mas o processo de sua produção, seu contexto, suas limitações e incertezas são usualmente ignorados. (MOREIRA, 2006, p.1).

Nesta mesma linha, Flores (2012) defende a necessidade que o jornalismo científico tem de aprimorar as notícias de ciência de modo a não mais retratar a atividade científica de modo sensacionalista e fragmentado, mas sim de trazer preocupações quanto a políticas públicas científicas para um maior debate com a sociedade.

Outro tema abordado nas perguntas e que apresenta relação direta com as nanociências é a questão da interdisciplinaridade desta área. Na Figura 4, podemos observar que a grande maioria dos entrevistados tem consciência disso. Somente 2 participantes, 5% dos professores acreditam que a área em questão relaciona-se somente com a Química, Física e Engenharia. Sem dúvida que “Não é um exagero afirmar que no universo nanométrico todas as ciências se encontram.” (TOMA, 2004, p.21).

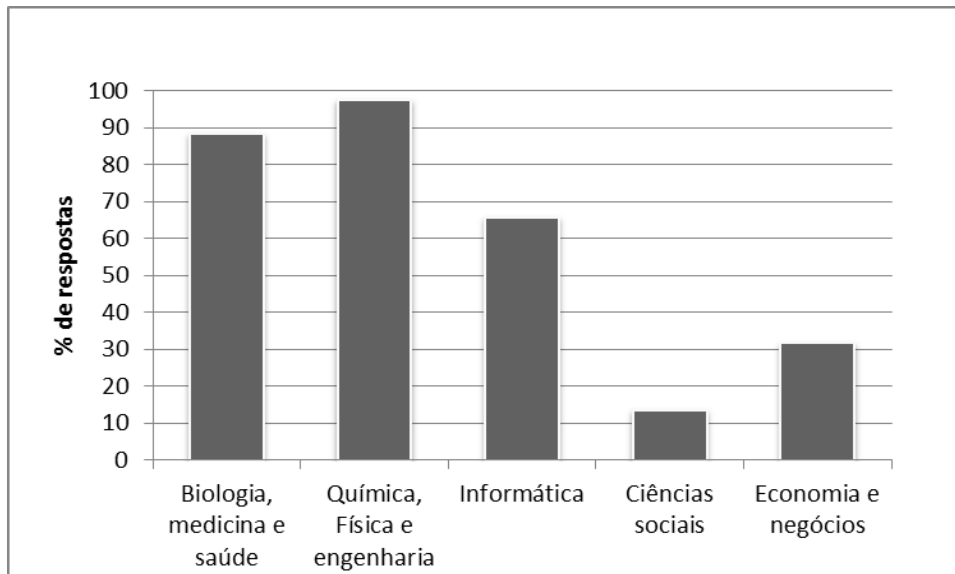
A área em questão requer uma abordagem interdisciplinar uma vez que impacta vários ramos do conhecimento, o que exige ações articuladas que visem à busca de interesses comuns, construindo assim conhecimentos contextualizados, rompendo com os limites

impostos pelas disciplinas, o que levará a uma compreensão mais complexa da realidade sobre o tema.

Se puede afirmar, por lo tanto, que nos encontramos ante un nuevo paradigma científico de carácter multidisciplinar, donde Física, Química, Ingeniería, Biología, Medicina, Ciencia de Materiales, y Computación convergen, sin que esto signifique que haya que abandonar las perspectivas de partida. Lo que sí se hace imprescindible es establecer enlaces entre las comunidades científicas, buscar puntos de encuentro y promover la existencia de grupos multidisciplinares [...]. (CORREIA; SERENA, 2005, p.15).

A maioria dos professores 68% não vê relação entre nanociências e nanotecnologia com economia e negócios, apesar de essas áreas estarem hoje diretamente envolvidas, através dos nanoproductos disponíveis no mercado.

**Figura 4:** Questionário aplicado ao grupo de participantes do Curso de Extensão On-line “Além do livro didático: Nanociências, Nanotecnologia e Nanotoxicologia” oferecido pela Universidade Federal do Rio Grande e o Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono (CNPq). Respostas à pergunta: Qual(is) área(s) temáticas correspondem as nanociências? Valores expressos em percentual a respeito do total de participantes (n=44).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2013

Interessante ainda é levantar que as fontes utilizadas terminam influenciando na credibilidade dos docentes acerca dos benefícios dos produtos nanotecnológicos. Na Figura 5a podemos observar que a maioria dos professores consideram que os nanoproductos podem ser utilizados com segurança. Fato este provavelmente ligado ao escasso entendimento que possuem sobre o tema nanotoxicologia, pois retomando a questão 8, ao serem questionados

sobre o que entendem por nanotoxicologia, somente 6 (14%) responderam, dentre esses 1 apresentou concepção equivocada.

*P 23 - A aplicação na manipulação de drogas.*

Sendo assim, podemos perceber que a concepção dos professores sobre a segurança na utilização dos nanoproductos provavelmente se dá em função do desconhecimento de pesquisas que apontam os possíveis danos causados por esses. Estudo realizado por Novo, Geracitano e Henning (2011) mostra que trabalhos na área da nanotoxicologia são realmente escassos, estes aparecem na *Web of Science* de forma significativa somente a partir de 2007. Dessa forma, a maioria da sociedade desconhece os possíveis impactos que a utilização dessa tecnologia, em produtos de uso comum, poderá causar na saúde e no ambiente. Segundo dados levantados por Novo, Geracitano e Carvalho (2012), matérias divulgadas sobre o tema em revistas também só levantam o lado positivo da utilização da nanotecnologia em produtos, em nenhum momento sugerem o uso com cautela devido ao pouco conhecimento que se tem sobre o efeito das nanopartículas em seres vivos.

Reconhecendo essa necessidade, o INCT-NC, ao ter como uma de suas missões a preocupação com a saúde e o entorno, tem fomentado equipe de pesquisa em nanotoxicologia, liderada pelo Dr. Monserrat (2011) do Instituto de Ciências Biológicas (ICB-FURG), que tem como foco estudos relacionados à toxicidade dos nanomateriais de carbono. Uma das inquietações, de vários pesquisadores, em relação à aplicação nano, se deve ao fato de que materiais na escala nano mudam completamente suas propriedades. Publicação do Centro ecológico (2009) mostra que, materiais fabricados ou construídos em nanoescala têm propriedades únicas e se comportam de forma diferente da matéria convencional. Nesse sentido Roukes (2008, p.8) complementa que “[...] a complexificação das combinações dos átomos provocará ligações que afetarão umas às outras de maneira que ainda não entendemos e, portanto, não podemos controlar”.

Quanto a pesquisas com humanos, constatamos que essas são recentes, o que leva a resultados inconclusivos com disparidades entre eles. Exemplificando, a exposição de vários órgãos a NPS levam a efeitos sistêmicos nestes, cabe destacar a resposta inflamatória nos pulmões, fígado, coração e cérebro. Efeitos sobre o sistema cardiovascular inclui a formação de trombos e efeitos adversos sobre a função cardíaca (enfarte agudo do miocárdio e os efeitos adversos sobre a frequência cardíaca). Além disso, pode ocorrer genotoxicidade, carcinogênese e teratogenicidade, mas não existem dados conclusivos sobre estes parâmetros.

(BOUWMEESTER et. al., 2009). Por outro lado alguns polímeros utilizados para síntese de nanopartículas como o copolímero poli, é bioabsorvível, quando degradado gera produtos facilmente absorvíveis pelo organismo, sendo utilizados com baixa capacidade alergênica, baixa toxicidade e excelente biocompatibilidade. (SANTOS JR., 2007).

Ao analisarmos as respostas dos professores que relatam não haver segurança na utilização dos nanoproductos, observamos que estas, em relação à mesma questão aberta mencionada anteriormente, foram mais bem mais elaboradas, trazendo termos científicos da área.

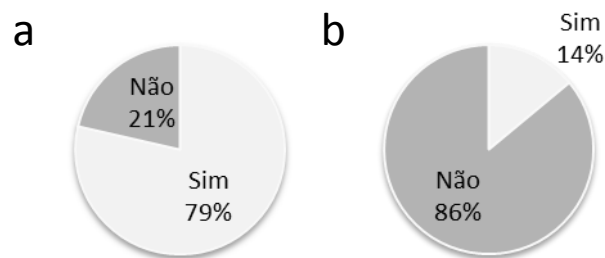
P1- *Acredito que trate da pesquisa e destino destas nanopartículas que se acumularam no nosso meio ambiente, derivadas dos produtos nanotecnológicos.*

P2- *São as nanopartículas que podem causar danos no ambiente como residuais e poluidores ou nanopartículas que causam toxides e morte dos fatores bióticos.*

P29- *Nanotoxicologia seria o estudo da toxicidade dessas aplicações nanotecnológicas, principalmente no que se refere à parte biológica dos nanomateriais utilizados.*

**Figura 5:** Questionário aplicado ao grupo de participantes do Curso de Extensão On-line “Além do livro didático: Nanociências, Nanotecnologia e Nanotoxicologia” oferecido pela Universidade Federal do Rio Grande e o Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono (CNPq). Respostas à pergunta: (a)

Você considera que nanoproductos podem ser utilizados com segurança? (b) Você considera que já existe regulamentação para controlar a produção e utilização de nanoproductos? Valores expressos em percentual a respeito do total de participantes (n=44).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2013

Apesar de a maioria dos entrevistados acreditarem que os nanoproductos podem ser utilizados com segurança, eles possuem consciência da ausência de uma regulamentação específica no Brasil para lidar com esses produtos (Figura 5b). Isso demonstra que, como sujeitos imersos num mundo repleto de novidades científicas, reconhecem que as descobertas e aplicações da ciência nem sempre levam em conta os prós e contras, pois muitas vezes

questões políticas e econômicas impedem a publicação de possíveis questões negativas da aplicação nanotecnológica. Quanto à utilização da nanotecnologia, principalmente na área da saúde humana, podemos identificar que urge a elaboração de uma legislação específica para lidar com esses produtos. Engelmann (2009) aponta a lei 8080, de 19 de setembro de 1990 – DOU de 20/9/90, como um fio condutor para a elaboração de legislação nano, uma vez que em seu 2º artigo prevê que a saúde é um direito fundamental do ser humano, devendo o Estado prover as condições indispensáveis ao seu pleno exercício. Portanto, “[...] nada mais correto e ético que uma legislação seja elaborada ou que sejam incluídas, nas leis atuais, a manipulação, o controle, descartes e riscos para a utilização adequada da Nanotecnologia.” (BASSOTO, 2011, p.46).

Tendo em vista que essa preocupação deve ocorrer de forma planetária, cabe salientar que o parlamento europeu em 2009, exigiu uma revisão na legislação no que diz respeito aos riscos da Nanotecnologia. De acordo com Euractiv (2009) é necessário aplicar o princípio de “sem dados não há mercado” para todos nanomateriais até que toda legislação seja revista.

Ao serem questionados sobre o interesse que possuem pela área em questão, podemos observar na Figura 6, que a maioria dos professores, 77%, buscam informações com vistas a ampliar seu conhecimento sobre o tema, sendo significativo também o interesse em repassar estas informações para seus alunos, 55%. Pereira, Basso e Borges (2008) defendem que é importante o contato de estudantes com abordagens tecnológicas, como forma de aproximá-los da realidade que encontram fora do ambiente escolar. Ainda nessa linha, Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009) defendem a necessidade da aproximação dos alunos com a ciência, por essa estar intimamente ligada à evolução do ser humano e Roco (2002) destaca a necessidade de incluir conceitos relacionados à escala nano no sistema de educação na próxima década, de uma maneira similar como a abordagem microscópica vem progredido nos últimos quarenta, cinquenta anos.

Relacionando as informações apresentadas nas Figuras 3b e 6, parece que os professores estão se conscientizando que há uma lacuna entre o aprender e o ensinar temas científicos emergentes. Devido a isso, os participantes da pesquisa justificam a busca, através do curso *on line*, de maiores informações sobre o assunto com vistas a informar seus alunos a respeito do tema. Bassotto (2011) destaca a importância do professor inserir em suas aulas temas atualizados, que atendam a demanda do crescimento da ciência e da tecnologia, pois a inserção desses temas favorece, dentre muitos, a reflexão crítica do sujeito.

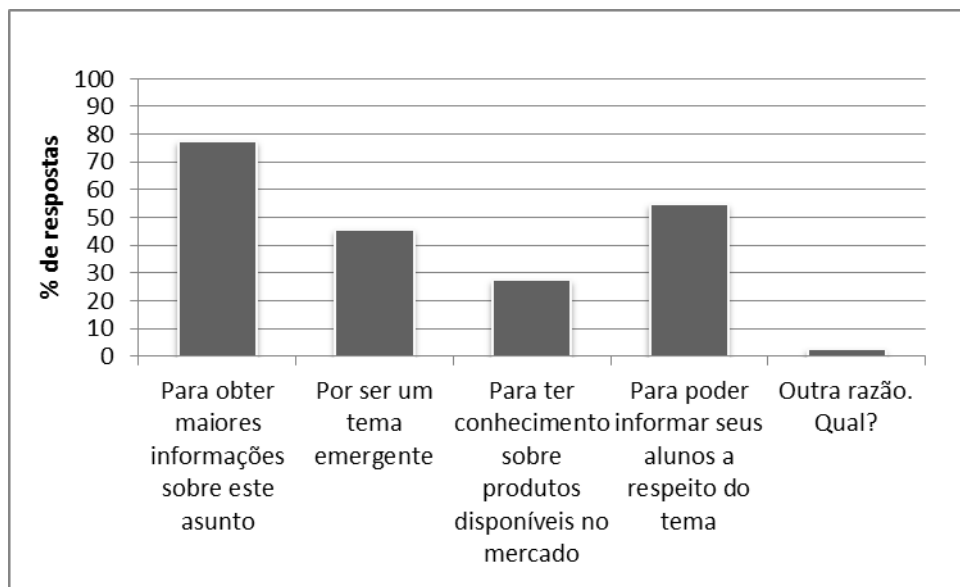
Entre os professores analisados, 23 (52%) defendem a importância de abordar o tema em suas aulas, o que deve provavelmente ocorrer como forma de contextualizar os conteúdos

e aproximar os discentes de um tema emergente que abrange várias áreas do conhecimento. Entre esses participantes 9 são biólogos, 8 físicos, 3 químicos e 3 não identificaram a área de atuação.

Essa preocupação dos docentes, em trabalhar temas da atualidade requer constante atualização profissional, necessária à prática pedagógica. Conforme Perrenoud

[...] a profissionalização de um ofício é uma aventura coletiva, mas que se desenrola também, largamente, através das opções pessoais dos professores de seus projetos e suas estratégias de formação. Consideramos que entre essas estratégias deve estar pautada a ampliação do domínio científico do professor, com vistas a aproximar os alunos deste conhecimento que encontra-se em constante evolução. (PERRENOUD, 2000, p.178).

**Figura 6:** Questionário aplicado ao grupo de participantes do Curso de Extensão On-line “Além do livro didático: Nanociências, Nanotecnologia e Nanotoxicologia” oferecido pela Universidade Federal do Rio Grande e o Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Nanomateriais de Carbono (CNPq). Resposta à pergunta: Qual(is) o(s) motivo(s) do interesse pelos temas? Valores expressos em percentual a respeito do total de participantes (n=44).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2013

Ainda em relação ao papel do professor, Perrenoud (2000), destaca que há várias competências profissionais a cargo destes profissionais, entre essas cabe destacar “administrar sua própria formação continuada”, pois é essencial para que ocorra a qualificação dos profissionais da educação. Da mesma forma, Tardif (2007) defende que saberes docentes são passíveis de aperfeiçoamento, “[...]são evolutivos e progressivos e necessitam, por conseguinte, de uma formação contínua e continuada. Os profissionais, devem, assim,

autoformar-se e reciclar-se através de diferentes meios, após seus estudos universitários iniciais.” (TARDIF, 2007, p.249).

Desse modo, os participantes da pesquisa revelam estar cientes de que para que levem para suas salas de aula novidades científicas, faz-se necessário o investimento em cursos que os preparem para abordar os temas nanociências e nanotecnologia.

### **2.3.8 Considerações finais**

O fato de que os professores obtêm informações sobre os referidos temas em artefatos culturais, em especial revistas e internet, foi um ponto positivo nos resultados do estudo. Nesse contexto, podemos concluir que a mídia tem colaborado de forma interessante para levar as novidades científicas para a sociedade.

Entretanto, ao demonstrar que o conhecimento docente no campo da nanotecnologia, nanociências e nanotoxicologia é insuficiente e/ou equivocado, a presente pesquisa indica a emergência de capacitar profissionais para atuar na educação formal de modo que venham a oportunizar a aproximação dos alunos ao que está ocorrendo em termos de CT no mundo globalizado.

Assim, para que a educação em ciências avance, um dos caminhos que apontamos é o incentivo e investimento em cursos de formação continuada, sendo que incentivar cursos no campo da nano é fundamental, pois a educação formal somente poderá avançar na medida em que os professores tiverem seus saberes ampliados. Através desses cursos os profissionais tenderão a se tornar mais competentes e capacitados perante a ciência produzida na atualidade, adquirindo condições de auxiliar os alunos em sala de aula a construir e reconstruir suas concepções sobre essa temática.

Neste aspecto trazemos a educação à distância como uma aliada na formação continuada do professor do ensino básico, por essa romper a relação tempo-espaco, fatores esses muitas vezes limitantes da busca por qualificação, devido às condições inerentes à profissão, como amplas jornadas de trabalho e, em alguns casos, distância de centros universitários.

O fato de que os professores participaram do curso on line “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia”, devido à necessidade de buscar novos

conhecimentos sobre os temas em questão e o interesse em repassar informações sobre essa temática emergente para seus alunos, reintera essa percepção.

Ao revelar a relevância do referido curso para educação continuada docente, cabe salientarmos o papel do INCT –NC, que teve como iniciativa fomentar cursos a distância, para professores do ensino básico e continua oportunizando essas situações de aprendizagem através de novas possibilidades de formação nessa área.

### 2.3.9 Referências

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre nanotecnologia**. Campinas: UNICAMP/FUNCAMP, 2010.

BARBERO, J. **La educación desde la comunicación**. Enciclopédia Latinoamericana de Sociocultura y Comunicación. Buenos Aires: Grupo Editorial Norma, 2002.

BARRERA, E.A.; NOVO, M.S. Avaliação da consciência de nanoconsumo dentro da Universidade Federal do Paraná. In: ENCONTRO DO INCT DE NANOMATERIAIS DE CARBONO, 3., 2011. **Anais do Encontro**. Santa Maria: Universidade Federal do Paraná, 2011, p.61.

BASSOTO, G. **Nanotecnologia: uma investigação fundamentada na educação pela pesquisa se refletindo na formação de professores e no ensino de química**. 2011. 130 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação em Ciências e Matemática - PUCRS, Porto Alegre, 2011.

BERTOLLI, C. F. A divulgação científica na mídia impressa: as ciências biológicas em foco. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, n.3, v.13, 2007, p.351-368.

BOFF E. T. de O.; DEL PINO J. C.; FRISON M. D. Formação inicial e continuidade professores: o início de um processo de mudança no espaço escolar. In: GALIAZZI, M. do C.; AUTH, M.; MORAES, R. (Orgs.). **Construção curricular em rede na educação em ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

BOUWMEESTER, H.; DEKKERS, S.; NOORDAM, M.Y.; HAGENS, W.I.; BUEDER, A.S.; HEER, C.; VOORDE, S.E.; WIJNHOFEN, S.W.; MARVIN, H.J.; SIPS, S.J. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, New York, n.1, v.53, out., 2009, p.52-62.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

CORREIA, A.; SERENA, P. La Nanociencia y sus aplicaciones. **Revista del Colegio Oficial de Fisicos. Física y Sociedad**, 2005, p.10-15. Disponível em: <[http://www.cofis.es/pdf/fys/fys16/fys16\\_10-15.pdf](http://www.cofis.es/pdf/fys/fys16/fys16_10-15.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2012.



DEMO, P. **Ser Professor é cuidar que o aluno aprenda**. 2.ed. São Paulo: Mediação, 2004.  
DREXLER, Eric. **Engines of creation: the coming era of nanotechnology**. USA: Anchor Books Edition, 1986.

ENGELMANN, Wilson. Entre a técnica e a física: criando espaços humanamente mediados para as nanotecnologias. **Pensar**, Fortaleza, n.2, v.14, jul./dez., 2009, p.436-451.

EURACTIV. **No data, no market' for nanotechnologies, MEPs say**. EU news & policy debates, abril 2009. Disponível em: <<http://www.euractiv.com/innovation-enterprise/data-market-nanotechnologies-mep-news-221588>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

FAGAN, S. B. As nanotecnologias no ensino. **Cadernos IHU idéias**. n.125, v. 7, 2009, p.3-12.

FLORES, Natália. Divulgação de ciência na mídia: algumas reflexões. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO NORDESTE, 14., 2012. **Anais do Congresso**. Recife: Intercom, 2012. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/regionais/nordeste2012/resumos/R32-0331-1.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

GEO Year Book. United Nation Environmental Programme. 2007. Disponível em: <<http://www.unep.org/geo/yearbook/yb2007/>>. Acesso em: 10 out. 2010.

HERNANDO, M. La divulgación científica y los desafíos del nuevo siglo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA, 1., 2002. **Anais do Congresso**. São Paulo: USP, 2002. Disponível em: <<http://www.museudavida.fiocruz.br/media/La%20Divulgacion%20Cientifica%20y%20los%20Desafios%20del%20Nuevo%20Siglo%20-%20Manuel%20Calvo%20Hernando.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

HOLTON, G. **A imaginação científica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

LAMPTON, C. **Divertindo-se com nanotecnologia**. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994.

LANKSHEAR, C.; KNOBEL, M. **Pesquisa pedagógica do projeto à implementação**. Porto Alegre: ARTMED, 2008.

LIBÂNEO, J. C. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** São Paulo: Cortez, 1999.

MACHADO S.S.; SANTOS, F.O.; ALBINATI, F.L.; SANTOS, L.P. Comportamento dos consumidores com relação à leitura de rótulos de produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Feira de Santana, n.1, v.17, jan./mar. 2006, p.97-103.

MONSERRAT, J.; LETTS, R.E.; PEREIRA, T.C.; BOGO, M.R. Biologic Responses of Bacteria Communities Living at the Mucus Secretion of Common Carp (*Cyprinus carpio*) After Exposure to the Carbon Nanomaterial Fullerene (C60). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [s.l.], v.61, nov., 2011, p.311-317.

MONSERRAT, J.; BRITTO, R.C.; GARCIA, M.L.; ROCHA, A.M.; FLORES, J.A.; PINHEIRO, M.V.; FERREIRA, J. Effects of carbon nanomaterials fullerene C60 and fullerol

C60(OH)18–22 on gills of fish *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) exposed to ultraviolet radiation. **Aquatic Toxicology**, [s.l.], v.114-115, jun., 2012, p.80-87.

MORAES, R. Cotidiano no ensino de química: superações necessárias. In: GALIAZZI, M.; (Org.). **Aprender em rede na Educação em Ciências**. Ijuí: Editora Unijui, 2008.

MOREIRA, I. C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. **Revista Inclusão Social**, Brasília, n.2, v.1, abr./set., 2006, p.11-16. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/inclusao/index.php/inclusao/article/viewFile/29/51>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

NOVO, M.S.; GERACITANO, L.A. Avaliação da consciência de nanoconsumo na Universidade Federal do Rio Grande. In: ENCONTRO DO INCT DE NANOMATERIAIS DE CARBONO. 2., 2012. **Anais do Encontro**. Goiania: UFRGS, 2012, p.132.

NOVO, M.S., GERACITANO, L.A.; CARVALHO, F.A.H. Educação Informal e Nanociências: análise da temática nas revistas *Veja* e *Scientific American*. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, 2012 (em avaliação).

NOVO, M.S.; GERACITANO, L.A.; HENNING, P. Padrão de relacionamento entre as nanociências, saúde e biologia: uma análise histórica utilizando o programa Citespace e algumas ferramentas foucaultianas. **Revista História, Ciência e Saúde Manguinhos**, Rio de Janeiro, 2011, no prelo.

PEREIRA, C. R.; BASSO, N. R; BORGES, R. M. Nanotecnologia e Citologia: avaliação de uma proposta de ensino visando à atualização curricular para o século XXI no ensino de Biologia por meio de unidades de aprendizagem. In: MOSTRA DE PESQUISA DA PÓS-GRADUAÇÃO, 3., 2008. **Anais da Mostra**. Porto Alegre: PUCRS. 2008.

PERRENOUD. P. **Dez Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PIMENTA, C. P. A divulgação científica no Brasil e o interesse público. **Ciência & Comunicação**, São Paulo, n.4, v. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.jornalismocientifico.com.br/revista/04/artigos/artigo5.asp>>. Acesso em: 6 ago. 2012.

PINHEIRO, N.A.; SILVEIRA, R.M.; BAZZO, W.A. O contexto científico tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. **Revista Ibero Americana de Educacion**, OEI, n.49/1, 2009.

QUARESMA, A. **Nanotecnologias: zênite ou nadir?** Rio de Janeiro: Escriba, 2010.

ROCO, M.C. Nanotechnology – A frontier for engineering education. **International Journal of Engineering Education**, USA, n.5, v.18, fev. 2002. Disponível em: <<http://www.ijee.ie/articles/Vol18-5/IJEE1316.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

ROUKES, M. Espaço suficiente lá embaixo. **Scientific American Brasil**. Edição especial Nanotecnologia, São Paulo, n.22, 2008, p.6-13.

SANTOS Jr., A. R ; WADA, M. L. F. Synthesis, Characterization and in Vitro Degradation of Poly (DLLactode)/Poly(DL-coGlycolide). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. n. 4, v.17, 2007, p. 308 – 317.

SAVIANI, N. A . **Saber escolar, currículo e didática**: problemas da unidade conteúdo/método no processo pedagógico. Coleção Educação Contemporânea, 4.ed. Campinas: Autores Associados, 2003.

SILVA, T. T. **Documentos de identidade**: uma introdução às teorias do currículo. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

SOUZA, A.G; MARQUES R.Q.; BARBOSA.M.L.; KOVACS, M.H. O impacto da educação a distância no ensino superior: uma análise na perspectiva dos alunos e docentes da Universidade Federal de Pernambuco. **Revista Iberoamericana de Educación**, [s.l.], n.58/1, jan., 2012, p.1-10. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/4403Gomes.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 8.ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

TOMA, H. **O Mundo nanométrico**: a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos USP, 2004.

TORRESI, S.; PARDINI, V.; FERREIRA, V. Sociedade, divulgação científica e jornalismo científico. **Química Nova**, São Paulo, n.3, v.35, 2012, p.447. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012000300001>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

TRICÁRIO, H. **Algumas reflexões sobre o conteúdo e a temática na formação continuada de professores de ciências**. Campinas: Editora Autores Associados, 1996.

### 2.3.10 ANEXO

#### Questionário Inicial

INCT DE NANOMATERIAIS DE CARBONO (CNPq) – INSTITUTO DE BIOLOGIA (FURG)  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (FURG)

CURSO DE EXTENSÃO:  
“ALÉM DO LIVRO DIDÁTICO: NANOCIÊNCIAS, NANOTECNOLOGIA E  
NANOTOXICOLAOGIA”

#### QUESTIONÁRIO INICIAL

Prezados participantes, devido o presente curso fazer parte de um projeto de extensão e de pesquisa da FURG, no final do mesmo realizaremos um relatório, para isto necessitamos de algumas informações sobre o conhecimento, das nanociências que vocês possuem ao início e término do mesmo. Para que tenhamos as informações necessárias, solicitamos que preencham o questionário em anexo. Esse mesmo questionário também será encaminhado a vocês ao final do curso, para que possa ser feita uma comparação da possível mudança de postura perante o tema.

Salientamos que o resultado deste questionário não irá afetar a avaliação de sua atuação no curso.

<b>Você já teve conhecimento sobre algum produto, disponível no mercado, que utilize nanotecnologia em sua composição?</b>	
Sim	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Você já utilizou algum produto que utilize nanotecnologia em sua composição?</b>	
Sim	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Se respondeu sim na questão anterior, qual tipo de produto você usa com mais frequência?</b>	
<b>Você já teve acesso a alguma reportagem sobre o tema nanociências?</b>	
Sim	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Caso tenha respondido sim na questão anterior, qual meio?</b>	
Revistas	<input type="checkbox"/>
TV	<input type="checkbox"/>
Internet	<input type="checkbox"/>
Educação formal	<input type="checkbox"/>

Jornais	<input type="checkbox"/>
Outros	<input type="checkbox"/>
<b>Qual(is)?</b>	
<b>Na sua opinião qual(is) área(s) temáticas corresponde(m) as nanociências?</b>	
Biologia, medicina e saúde	<input type="checkbox"/>
Química, física e engenharia	<input type="checkbox"/>
Informática	<input type="checkbox"/>
Ciências sociais	<input type="checkbox"/>
Economia e negócios	<input type="checkbox"/>
Outras. Quais?	
<b>Qual o principal motivo de seu interesse por nanociências?</b>	
Para obter maiores informações sobre este assunto	<input type="checkbox"/>
Por ser um tema emergente	<input type="checkbox"/>
Para ter conhecimento sobre produtos disponíveis no mercado	<input type="checkbox"/>
Para poder informar seus alunos a respeito do tema	<input type="checkbox"/>
Outra razão. Qual?	
<b>Escreva de forma sintética o que entende por nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia?</b>	
<b>Você considera que os produtos derivados da nanotecnologia podem ser utilizados com segurança?</b>	
Sim	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Você considera que já existe regulamentação para controlar a produção e utilização de nanoprodutos?</b>	
Sim	Não
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese está alicerçada no tripé que fundamenta o ensino universitário em todos os níveis, embora geralmente haja um predomínio do ensino na graduação e da pesquisa na pós-graduação. Ao longo deste trabalho, é possível evidenciar que os três eixos fundamentais das universidades brasileiras foram contemplados. O ensino, através das várias disciplinas cursadas, proporcionou o embasamento teórico necessário à discussão dos resultados obtidos na pesquisa, gerando os três artigos apresentados. Essa, por sua vez, envolveu o acompanhamento de um curso de extensão oferecido pelo INCT-NC e ICB-FURG como forma de proporcionar, aos professores da educação básica, uma aproximação com temas científicos atuais.

Ao final do percurso de pesquisa, é possível reconhecer que foi atingido o objetivo que orientou o trabalho, isto é, a análise da trajetória das nanociências e da nanotecnologia desde sua origem até a apresentação das temáticas à sociedade, incluindo o papel da educação informal e formal, foi bem sucedida. O entendimento dos resultados obtidos permite defender a tese de que a divulgação informal de temas relacionados às nanociências e nanotecnologia, apesar de estar diretamente relacionada com as novidades científicas na área, não está dando conta de disseminar apropriadamente esses conhecimentos para a sociedade, fazendo-se necessária a exploração dessas temáticas na educação formal.

Quanto à intenção de conhecer aspectos históricos que caracterizam as nanociências e nanotecnologia, foi fundamental o uso do programa *Citespace* e da *Web of Science*. Ambas as ferramentas permitiram a visualização de novas tendências na literatura científica, uma vez que é essencial para os cientistas identificarem temas emergentes e mudanças bruscas no conhecimento científico. Através do programa *Citespace*, foi possível traçar a evolução das nanociências e nanotecnologia através das rupturas (quando um determinado conhecimento abre espaço para o surgimento de novidades científicas) e das explosões (momentos em que ocorre um aumento significativo de publicação de trabalhos sobre o mesmo tema) e também descobrir interligações entre as diferentes frentes de investigação, utilizando uma base de dados composta por um grande número de artigos. À medida que ocorre a multiplicação desses trabalhos, há um aprofundamento do tema, o que leva a descobertas científicas com novas possibilidades a serem seguidas. Portanto, é necessário que haja um acompanhamento dessa evolução científica com amplos debates que visem a discutir os possíveis efeitos da nanociência, sobre o ambiente como um todo, que podem ser múltiplos e imprevisíveis.

O levantamento realizado permitiu constatar que trabalhos que abordam os temas nanociências e nanotecnologia aparecem a partir da década de 1980, mas explosões e rupturas somente foram observadas a partir de 1991, sendo a física e a química as áreas precursoras dessas pesquisas. Entre as descobertas científicas, cabem destacar o microscópio de tunelamento eletrônico e as nanopartículas de carbono. Esses achados podem ser considerados como marcos históricos importantes para a compreensão da história atual dessa ciência, pois, sem eles, possivelmente a nanotecnologia não teria evoluído tanto, atingindo um grande público através de novos materiais disponíveis no mercado que utilizam essa tecnologia.

Outra área em que são significativos os momentos de explosão e ruptura é a biológica, mas isso foi observado somente a partir de 2006. Foi possível perceber que esse desenvolvimento ocorreu de forma concomitante com as novas descobertas da nanomedicina, que datam do mesmo período. Explosões e rupturas de trabalhos nessa área relacionam-se principalmente a aplicações de nanomateriais e nanodispositivos para fins diagnósticos e terapêuticos, visando a novas terapias, principalmente o tratamento do câncer. Constatou-se, porém, que a área biológica necessita ampliar o suporte quanto à aplicabilidade dessas novas tecnologias, mostrando seus possíveis riscos e benefícios, através das pesquisas *in vitro* e *in vivo* e dos estudos nanotoxicológicos.

Em relação aos artefatos culturais analisados, observou-se neles o predomínio de temas ligados à saúde e à estética. Como forma de dar maior confiabilidade às notícias, verificou-se que elas têm por hábito trazer sempre a voz legitimada de cientistas. Além disso, utilizam estratégias para envolver seu público na leitura, como o uso do discurso visual amparado em esquemas e figuras, levando o público a uma clara compreensão do assunto em pauta.

Tanto nos artigos científicos quanto nas revistas analisadas, há o predomínio de temas que tratam apenas do lado positivo da utilização da nanotecnologia, poucos relatam as possíveis consequências negativas da utilização de nanopartículas em produtos disponíveis para uso humano, nas mais diversas áreas. Esse fato pode levar o leitor a concluir que não há pesquisas que apontem aspectos negativos referentes ao emprego de nanopartículas na confecção dos mais variados produtos. Uma possível justificativa para essa carência, mesmo sendo observada uma explosão de trabalhos a partir de 2007, pode estar relacionada ao aparecimento de testes citotxicológicos somente a partir de 2010 e à escassez de trabalhos *in vivo*, quando comparada às outras áreas, embora sejam imprescindíveis para avaliar possíveis danos nos tecidos vivos.

Apesar de levantada a necessidade urgente de apresentação dos resultados de estudos nanotoxicológicos na divulgação científica, as revistas analisadas podem ser consideradas importantes veículos de educação informal. Elas demonstram, através do número de matérias divulgadas, o interesse em levar temas científicos e tecnológicos para seus leitores.

A busca do tema nanociências e nanotecnologia nos artigos científicos, disponíveis na base de dados *Web of Science* e nas reportagens das revistas *Veja* e *Scientific American*, possibilitou a percepção da existência de uma relação estreita em ambas fontes de dados. Isso ocorre em função de a temática abordada nas matérias das revistas estar em consonância com o que há de mais recente em termos de pesquisa na área em questão.

As revistas podem ser apontadas como veículos midiáticos mais restritos, em relação ao seu alcance, quando comparados com outros veículos da mídia moderna, porém se acredita que elas têm cumprido seu papel social e acompanhado a evolução científica. Os discursos apresentados facilitam a circulação de novos conhecimentos, pois atingem muitas pessoas, exercendo um grande poder quando se trata de influenciar a opinião pública em assuntos como CT. Isso permite concluir que está ocorrendo, de forma significativa, a disseminação da ciência na comunidade através dos artefatos culturais, o que possibilita uma aproximação do público com essas novidades que o auxiliam a compreender diversos aspectos do mundo que o cerca.

Essa percepção ampara-se também tanto no fato de o olhar da pesquisa estar direcionado a pesquisas científicas e a veículos de educação informal – as revistas –, quanto pelo trânsito desta pesquisadora pela educação formal. A enquete realizada com os docentes participantes do curso “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia” mostrou que esses profissionais, embora sejam em quase sua totalidade físicos, biólogos e químicos, pouco sabem a respeito do tema e os que possuem alguma informação obtiveram-na por meio de artefatos culturais, em especial internet e revistas.

A articulação entre o levantamento das matérias das revistas e as entrevistas possibilitou também a percepção de um ponto comum entre essas duas fontes. O tema nanotoxicologia, pouco abordado nas pesquisas, inexistente nas reportagens, também é o menos conhecido pelos professores participantes do curso. Quando questionados sobre o que é nanotoxicologia, somente 14% responderam a questão e entre esses ainda há concepções equivocadas. A escassa abordagem dessa temática pode conduzir à ideia detida pelos professores de que nanoprodutos podem ser consumidos com segurança. Este trabalho, no entanto, permite defender que informações sobre possíveis danos provenientes desses produtos à saúde e ao entorno ainda não estão chegando à sociedade de forma satisfatória.



As narrativas produzidas pelos professores participantes do curso “Além do livro didático: nanociências, nanotecnologia e nanotoxicologia” mostraram que o principal objetivo que os levou a ingressarem nessa atividade de qualificação foi a busca por maiores informações sobre a temática. Assim, poderiam levá-la as suas salas de aula, já que esse assunto não é de conhecimento da maioria desses profissionais, uma vez que temas emergentes não costumam fazer parte dos currículos de formação docente. Alguns participantes demonstram possuir algum conhecimento sobre as temáticas abordadas, embora seja incipiente e/ou equivocado.

Tais entendimentos possibilitam discutir e pensar sobre a importância, para a educação em ciências, da oferta de cursos de formação continuada para professores da rede básica, pois para que a educação avance é necessário que os docentes tenham seus saberes ampliados. Isso apresenta grande relevância, já que os cidadãos precisam estar preparados para conviver com as novidades científico-tecnológicas do mundo atual.

Frente a essa realidade e levando em conta as condições do trabalho docente, que geralmente implica amplas jornadas de trabalho, a presente pesquisa aponta como possível alternativa a capacitação via educação a distância. Essa modalidade, além de romper a relação espaço-tempo, facilita também o acesso a profissionais que atuam em locais distantes de centros universitários e atinge um elevado número de pessoas dispersas geograficamente.

Destaca-se ainda o papel do INCT –NC que teve como iniciativa fomentar cursos de extensão à distância para professores do ensino básico, como o que serviu de base para parte dessa pesquisa. Essas situações de aprendizagem continuam sendo oportunizadas pelo Instituto, visando a novas possibilidades de formação nessa área, em especial a nanotoxicologia, apontada nesta pesquisa como a área mais carente de estudos no campo “nano” do saber.

Cabe salientar também o ganho pessoal e acadêmico que obtive através da realização desse curso de pós-graduação e da realização desta tese, que me oportunizaram, através das disciplinas cursadas e da imersão em um grupo de pesquisa, a vivência com colegas e professores de várias áreas. Cada um com suas experiências pôde contribuir de forma significativa na realização desse trabalho e em minha formação continuada como professora, uma vez que concluímos, através de leituras e dos resultados obtidos neste trabalho, a relevância da continuidade dos estudos para profissionais da educação.

Após todas essas considerações, é importante ainda salientar alguns limites dessa pesquisa, um deles refere-se à utilização de apenas um tipo de veículo midiático como *corpus*. Fica registrada aqui a sugestão, para estudos posteriores, da análise de outros meios para que

se possa ter uma visão mais ampla do cenário de divulgação científica informal no país. Outro ponto a ser considerado é o grupo de participantes da entrevista, que gerou o *corpus* do terceiro artigo. É necessário que se trabalhe com um grupo mais amplo com vistas à busca de informações junto a outros professores que atuam no ensino de ciências, para se obter um panorama mais completo do conhecimento que esses profissionais possuem sobre a temática abordada nesta tese.

Para finalizar, destaca-se que é fundamental, para que a educação em ciências avance, o incentivo na formação de novos pesquisadores que lancem olhares sobre as temáticas aqui abordadas.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre nanotecnologia**. Campinas: UNICAMP/FUNCAMP, 2010.

AKERMAN, M. E.; WARREN, C.; PIRJO, L.; ERKKI R. Nanocrystal targeting in vivo. **PNAS**, USA, v.99, 2002, p.12617-12621. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/99/20/12617.full>>. Acesso em: 22 out. 2010.

ALMEIDA, P. R. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. **Jornal da Ciência**, Rio de Janeiro, set. 2005. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=31314>>. Acesso em: 20 set. 2011.

BARBERO, J. **La educación desde la comunicación**. Enciclopédia Latinoamericana de Sociocultura y Comunicación. Buenos Aires: Grupo Editorial Norma, 2002.

BARRERA, E.A.; NOVO, M.S. Avaliação da consciência de nanoconsumo dentro da Universidade Federal do Paraná. In: ENCONTRO DO INCT DE NANOMATERIAIS DE CARBONO, 3., 2011. **Anais do Encontro**. Santa Maria: Universidade Federal do Paraná, 2011, p.61.

BASSOTO, G. **Nanotecnologia**: uma investigação fundamentada na educação pela pesquisa se refletindo na formação de professores e no ensino de química. 2011. 130 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação em Ciências e Matemática - PUCRS, Porto Alegre, 2011.

BAUMAN, Z. **A sociedade individualizada**: vidas contadas e histórias vividas. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009.

\_\_\_\_\_. **Comunidade**: a busca por segurança no mundo atual. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

\_\_\_\_\_. **Vidas desperdiçadas**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005.

BENGHAN, A.; STANDISH, M.M.; WATKINS, J. C. Diffusion of univalent ions across the lamellae of swollen phospholipids. **Journal of Molecular Biology Cambridge**, England, v.13, 1965, p.238-252.

BERGMANN, B. A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, n.2, v.60, 2008. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000200024&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000200024&script=sci_arttext)>. Acesso em: 22 jun. 2010.

BERTOLLI, C. F. A divulgação científica na mídia impressa: as ciências biológicas em foco. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, n.3, v.13, 2007, p.351-368.

BIBENG - Biblioteca da Escola de Engenharia UFGRS. **Web of Science** - Tutorial. 2010. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/bibeng/tutoriais/web-of-science/view>>. Acesso em: 23 abr. 2010.

BINNING, G.; ROHRER, H. Scanning tunneling microscopy – from birth to adolescence.

**Reviews of Modern Physics.** APS, [s.l.], n.3, v.59, jul., 1987, p.615-625.

BOFF E. T. de O.; DEL PINO J. C.; FRISON M. D. Formação inicial e continuidade professores: o início de um processo de mudança no espaço escolar. In: GALIAZZI, M. do C.; AUTH, M.; MORAES, R. (Orgs.). **Construção curricular em rede na educação em ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula.** Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

BOUWMEESTER, H.; DEKKERS, S.; NOORDAM, M.Y.; HAGENS, W.I.; BUEDER, A.S.; HEER, C.; VOORDE, S.E.; WIJNHOFEN, S.W.; MARVIN, H.J.; SIPS, S.J. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, New York, n.1, v.53, out., 2009, p.52-62.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio.** Brasília: MEC/SEF, 2000.

BURT, R. **Structural holes: the social structure of competition.** Massachusetts: Harvard University Press, 1992.

CHANG, T. M. S. Semipermeable microcapsules. **Science**, [s.l.], n.3643, v.146, out., 1964, p.524-525.

CHEN, C. **CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature.** Journal of the American Society for Information Science and Technology. Philadelphia: Drexel University. 2005.

CORREIA, A.; SERENA, P. La Nanociencia y sus aplicaciones. **Revista del Colegio Oficial de Fisicos. Fisica y Sociedad**, 2005, p.10-15. Disponível em: <[http://www.cofis.es/pdf/fys/fys16/fys16\\_10-15.pdf](http://www.cofis.es/pdf/fys/fys16/fys16_10-15.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2012.

DEMO, P. **Ser Professor é cuidar que o aluno aprenda.** 2.ed. São Paulo: Mediação, 2004.

DREXLER, E. **Engines of creation: the coming era of nanotechnology.** USA: Anchor Books Edition, 1986.

EDITORA Abril. **Tabela de circulação geral.** 2011. Disponível em: <<http://publicidade.abril.com.br/tabelas-gerais/revistas/circulacao-geral/imprimir>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

EDITORA Duetto. **Institucional.** 2010. Disponível em: <<https://www.lojaduetto.com.br/produtos/?idproduto=2777&action=info>>. Acesso em: 25 maio. 2010.

ELLWANGER, A.L. **Nanociência no ensino básico.** Disponível em: <https://sites.google.com/site/nanociencianoensinobasico/>. Acesso em 30 mar.2013.

ENGELMANN, W. Entre a técnica e a física: criando espaços humanamente mediados para as nanotecnologias. **Pensar**, Fortaleza, n.2, v.14, jul./dez., 2009, p.436-451.

EURACTIV. **No data, no market' for nanotechnologies, MEPs say.** EU news & policy debates, abril 2009. Disponível em: <<http://www.euractiv.com/innovation-enterprise/data-market-nanotechnologies-mep-news-221588>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

FAGAN, S. B. As nanotecnologias no ensino. **Cadernos IHU idéias**. n.125, v. 7, 2009, p.3-12.

FEATHER, J.L. AZNAR, M. **Nanoscience Education, Workforce Training and K-12 Resources**. Boca Raton: CRC Press, 241 p., 2010.

FEYNMAN, R. **There is plenty of room at the bottom**. Pasadena: California Institute of Technology, 1960. Disponível em: <<http://www.zyvex.com/nanotech/feynman/html>>. Acesso em: 12 nov. 2010.

FISCHER, R. M. B. **Adolescência em discurso: mídia e produção de subjetividade**. 1996. 300 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FISCHER, H.; CHAN, W. Nanotoxicity: the growing need for in vivo study. **Current Opinion in Biotechnol**, Toronto, v.18, dez., 2007, p.565-571. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18160274>>. Acesso em: 01 jun. 2012.

FLORES, N. Divulgação de ciência na mídia: algumas reflexões. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO NORDESTE, 14., 2012. **Anais do Congresso**, Recife: Intercom, 2012. Disponível em: <<http://www.intercom.org.br/papers/regionais/nordeste2012/resumos/R32-0331-1.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

FOLADORI, G.; INVERNIZZI, N. (Coord.). **Nanotecnologias disruptivas – implicaciones sociales de las nanotecnologias**. México: Universidad Autónoma de Zacatecas, 2006.

FOUCAULT, M. **A arqueologia do saber**. 6.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002.

GEIM, A.K.; NOVOSELOV, K.S. Electric field effect in atomically thin carbon films. **Science**, v.306, out.2004, n.5696, p.666-669,

GEO Year Book. **United Nation Environmental Programme**. 2007. Disponível em: <<http://www.unep.org/geo/yearbook/yb2007/>>. Acesso em: 10 out. 2010.

GOMES, M.R. **Poder no Jornalismo: discorrer, disciplinar, controlar**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

HEATH, J.; DAVES, M.; HOOD, L. Nanomedicina no tratamento do câncer. **Revista Scientific American Brasil**, [s.l.], n.82, mar., 2009, p.42-49.

HERNANDO, M. La divulgación científica y los desafíos del nuevo siglo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA, 1., 2002. **Anais do Congresso**, São Paulo: USP, 2002. Disponível em: <<http://www.museudavida.fiocruz.br/media/La%20Divulgacion%20Cientifica%20y%20los%20Desafios%20del%20Nuevo%20Siglo%20-%20Manuel%20Calvo%20Hernando.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

HOLTON, G. **A imaginação científica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

HORCAJADA, P.; SERRE, C.; VALLET-REGI, M.; SEBBAN, M.; TAULELLE, F.; FÉREY, G. Metal-Organic Frameworks as Efficient Materials for Drug Delivery. **Angewandte Chemie International Edition**, Espanha, n.36, v.45, set. 2006, p.5974-5978. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.200601878/abstract>>. Acesso em: 30 fev. 2011.

IJIMA, S. Helical microtubules of graphitic carbon. **Journal Nature**, Japan, v.354, nov., 1991, p.56-58.

INÁCIO, E.M. **O controle espetacular nas capas da revista Veja**: uma análise discursiva. 2008. 115 f. Tese (Mestrado) – Instituto de Estudos a Linguagem, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008.

KROTO, H.; HEATH, J.; O'BRIEN, S.; CURL, R.; SMALLEY, R. E. C-60-buckminsterfullerene. **Nature**, [s.l.], n.6042, v.318, 1985, p.162-163.

LAMPTON, C. **Divertindo-se com nanotecnologia**. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994.

LANKSHEAR, C.; KNOBEL, M. **Pesquisa pedagógica do projeto à implementação**. Porto Alegre: ARTMED, 2008.

LEE, P. C.; MEISEL, D. Adsorption and Surface Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sals. **The Journal of Physical Chemistry**, [s.l.], n.17, v.86, ago., 1982, p.3391-3395.

LIBÂNEO, J. C. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** São Paulo: Cortez, 1999.

MACHADO S.S.; SANTOS, F.O.; ALBINATI, F.L.; SANTOS, L.P. Comportamento dos consumidores com relação à leitura de rótulos de produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Feira de Santana, n.1, v.17, jan./mar. 2006, p.97-103.

MARTINS, P. R.; BRAGA, R. **Nanotecnologia**: promessas e dilemas da revolução invisível. São Paulo: IIEP, 2007. Disponível em: <<http://www.iiep.org.br/pdfs/doc022.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

MELO, C.; PIMENTA, M. Nanociências e Nanotecnologia. **Parcerias estratégicas**, [s.l.], n.18, ago. 2004. Disponível em: <[http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/130/124](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/130/124)>. Acesso em: 12 mar. 2012.

MELO, N. F.S.; GRILLO, Renato; ROSA, Andrea H.; FRACETO, Leonardo F. Desenvolvimento e caracterização de nanocapsulas de poli (L- lactideo) contendo benzocaina. **Química Nova**, São Paulo, n.1, v.33, nov., 2010, p.65-69.

MONSERRAT, J.; BRITTO, R.C.; GARCIA, M.L.; ROCHA, A.M.; FLORES, J.A.; PINHEIRO, M.V.; FERREIRA, J. Effects of carbon nanomaterials fullerene C60 and fullerol C60(OH)18–22 on gills of fish *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) exposed to ultraviolet radiation. **Aquatic Toxicology**, [s.l.], v.114-115, jun., 2012, p.80-87.

MONSERRAT, J.; DÍAZ J., M.; RIBAS, J.; ROCHA, A.M.; BAY-SMITH, E.; FILLMANN, G.; BARRA, R. Antioxidant responses in the polychaete *Perinereis gualpensis* (Nereididae) exposed to the carbon nanomaterial fullerene (C60). **Chemistry and Ecology**, [s.l.], n.1, v.27, fev., 2011, p.43-48.

MONSERRAT, J.; LETTS. R.E.; PEREIRA, T.C.; BOGO, M.R. Biologic Responses of Bacteria Communities Living at the Mucus Secretion of Common Carp (*Cyprinus carpio*) After Exposure to the Carbon Nanomaterial Fullerene (C60). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [s.l.], v.61, nov., 2011, p.311-317.

MORAES, R. Cotidiano no ensino de química: superações necessárias. In: GALIAZZI, M.; (Org.). **Aprender em rede na Educação em Ciências**. Ijuí: Editora Unijui, 2008.

MOREIRA, I. C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. **Revista Inclusão Social**, Brasília, n.2, v.1, abr./set., 2006, p.11-16. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/inclusao/index.php/inclusao/article/viewFile/29/51>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

MORIN, E. **Cultura de massa no século XX**: o espírito do tempo. 3.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1975.

NALLI, M. O minúsculo universo das nanotecnologias. **Portal Ciência & Vida**, 2012. Disponível em: <[http://leiturasdahistoria.uol.com.br/ESLH/Edicoes/12/artigo\\_100808-2.asp](http://leiturasdahistoria.uol.com.br/ESLH/Edicoes/12/artigo_100808-2.asp)>. Acesso em: 26 fev. 2012.

NANOAVENTURA. **Museu exploratório de ciências**. UNICAMP, São Paulo. Disponível em: <http://www.museudeciencias.com.br/programas/nanoaventura/index>. Acesso em: 30 mar. 2013.

NANOFORUM. **European nanotechnology Gateway**. 2012. Disponível em: <http://www.nanoforum.org/>. Acesso em: 30 mar. 2013.

NOVO, M.S.; GERACITANO, L.A. Avaliação da consciência de nanoconsumo na Universidade Federal do Rio Grande. In: ENCONTRO DO INCT DE NANOMATERIAIS DE CARBONO. 2., 2012. **Anais do Encontro**, Goiania: UFRGS, 2012, p.132.

NOVO, M.S., GERACITANO, L.A.; CARVALHO, F.A.H. Educação Informal e Nanociências: análise da temática nas revistas *Veja* e *Scientific American*. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, 2012 (em avaliação).

NOVO, M.S.; GERACITANO, L.A.; HENNING, P. Padrão de relacionamento entre as nanociências, saúde e biologia: uma análise histórica utilizando o programa *Citespace* e algumas ferramentas foucaultianas. **Revista História, Ciência e Saúde Manguinhos**, Rio de Janeiro, 2011, no prelo.

OBERDÖRSTER, G.; OBERDÖRSTER, E.; OBERDÖRSTER, J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. **Environmental Health Perspectives**, Rockville Pike, n.7, v.113, jul., 2005, p.823-839. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1257642/>>. Acesso em: 15 jun. 2011.

ORLANDI, M. Nanotecnologia: a revolução industrial do século XXI. **Revista Ciência e Tecnologia**, [s.l.], jul. 2006, p.18. Disponível em: <[http://www.dfq.feis.unesp.br/docentes/MarceloII/Revolucao\\_Nano.pdf](http://www.dfq.feis.unesp.br/docentes/MarceloII/Revolucao_Nano.pdf)>. Acesso em: 17 set, 2011.

PEREIRA, C. R.; BASSO, N. R; BORGES, R. M. Nanotecnologia e Citologia: avaliação de uma proposta de ensino visando à atualização curricular para o século XXI no ensino de Biologia por meio de unidades de aprendizagem. In: MOSTRA DE PESQUISA DA PÓS-GRADUAÇÃO, 3., 2008. **Anais da Mostra**, Porto Alegre: PUCRS. 2008.

PEREIRA, J.M. **Educação a distância como instrumento de inclusão social no Brasil**. Convibra 07, UNB, 2007. Disponível em: <<http://www.convibra.com.br/2007/congresso/artigos/66.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

PERRENOUD. P. **Dez Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PIMENTA, C. P. A divulgação científica no Brasil e o interesse público. **Ciência & Comunicação.**, São Paulo, n.4, v. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.jornalismocientifico.com.br/revista/04/artigos/artigo5.asp>>. Acesso em: 6 ago. 2012.

PINHEIRO, N.A.; SILVEIRA, R.M.; BAZZO, W.A. O contexto científico tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. **Revista Ibero Americana de Educacion**, OEI, n.49/1, 2009.

QUARESMA, A. **Nanotecnologias: zênite ou nadir?** Rio de Janeiro: Escriba, 2010.

QUINA, F. Nanotecnologia e meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, São Paulo, Scielo, v.27, n.6, 2004.

RATTNER, H. Nanotecnologia – Para melhor ou para pior? **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, n.41, out. 2004. Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br/041/41rattner.htm>>. Acesso em: 28 out. 2010.

REILLY, R. Carbon Nanotubes: potential benefits and risks of nanotechnology in nuclear medicine. **The Journal of Nuclear Medicine**, Toronto, n.7, v.48, jul., 2007, p.1039-1042.

ROCO, M.C. Nanotechnology – A frontier for engineering education. **International Journal of Engineering Education**, USA, n.5, v.18, fev. 2002. Disponível em: <<http://www.ijee.ie/articles/Vol18-5/IJEE1316.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

ROSZEK, B.; JONG, W. H. de; GEERTSMA, R. E. **Nanotechnology in medical applications: state-of-the-art in materials and devices**. 2005. Disponível em: <<http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/7265/1/265001001.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2010.

ROUKES, M. Espaço suficiente lá embaixo. **Scientific American Brasil**. Edição especial Nanotecnologia, São Paulo, n.22, 2008, p.6-13.



- SANTOS Jr., A. R ; WADA, M. L. F. Synthesis, Characterization and in Vitro Degradation of Poly (DLactode)/Poly(DL-coGlycolide). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. n. 4, v.17, 2007, p. 308 – 317.
- SANTUCCI, J. Nanotecnologia: a revolução invisível. **Conselho em Revista**, Porto Alegre, n.48, 2008, p.13.
- SANVICENS, N; MARCO, M. P. Multifunctional nanoparticles – properties and prospects for their use in human medicine. **Trends in Biotechnology**, Barcelona, v.26, n.8, ago., 2008, p.425-433.
- SAVIANI, N. A. **Saber escolar, currículo e didática**: problemas da unidade conteúdo/método no processo pedagógico. Coleção Educação Contemporânea, 4.ed. Campinas: Autores Associados, 2003.
- SILVA, T. T. **Documentos de identidade**: uma introdução às teorias do currículo. Belo Horizonte: Autentica, 2004.
- SOUZA, A.G; MARQUES R.Q.; BARBOSA.M.L.; KOVACS, M.H. O impacto da educação a distância no ensino superior: uma análise na perspectiva dos alunos e docentes da Universidade Federal de Pernambuco. **Revista Iberoamericana de Educación**, [s.l.], n.58/1, jan., 2012, p.1-10. Disponível em: <<http://www.rioei.org/deloslectores/4403Gomes.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2012.
- TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 8.ed. Petrópolis: Vozes, 2007.
- TOMA, H. **O Mundo nanométrico**: a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos USP, 2004.
- TORRESI, S.; PARDINI, V.; FERREIRA, V. Sociedade, divulgação científica e jornalismo científico. **Química Nova**, São Paulo, n.3, v.35, 2012, p.447. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012000300001>>. Acesso em: 20 dez. 2012.
- TRICÁRIO, H. **Algumas reflexões sobre o conteúdo e a temática na formação continuada de professores de ciências**. Campinas: Editora Autores Associados, 1996.
- VOURA, E. B.; JAISWAL, J.; MATTOUSSI, H.; SIMON, S. Tracking metastatic tumor cell extravasation with quantum dot nanocrystals and fluorescence emission-scanning microscopy. **Nature Medicine**, Washington, v.10, ago., 2004, p.993-998.
- WEISSMANN, G.; SESSA, G. Phospholipid spherules (liposomes) as a model biological membranes. **Journal of lipid research**, Memphis, Vol. 9, p.310-318. 1968
- YAN, L.; GALLI, G.; GYGI, F. Electronic Structure of Thiolate-Covered Gold Nanoparticles: Au<sub>102</sub>(MBA)<sub>44</sub>. **American Chemical Society - ACS NANO**, Washington, n.9, v.2, ago., 2008, p.1896–1902. Disponível em: <<http://diplo.uol.com.br/2006-03>>. Acesso em: 16 fev. 2011.
- ZARBIN, A. Química de (nano) materiais. **Química Nova**, São Paulo, n.6, v.30, 2007, p.1469-1479.

ZHOU, H.; MU, Q.; GAO, N.; LIU, A.; XING, Y.; GAO, S.; QIU, Z.; QU, G.; CHAN, Y.; LIU, G.; YAN, B. A Nano-Combinatorial Library Strategy for the Discovery of Nanotubes with Reduced Protein-Binding. **Cytotoxicity, and Immune Response**, China, n.3, v.8, fev., 2008, p.859-865.

## 5 ANEXOS

### Normas das Revistas

#### Revista História, Ciências, Saúde – Manguinhos

Aceita colaborações em português, espanhol, inglês e francês para todas as seções. Os originais devem ser digitados em programas compatíveis com ambiente Windows. Devem ser acompanhados de folha de rosto em que constem título do trabalho, nome(s) do(s) autor(es), instituição(ões) a que pertence(m), por extenso, cargo(s) ocupado(s), endereço(s) completo(s) da instituição e e-mail.

O texto deve ser apresentado em Times New Roman, tamanho 12, com espaçamento 1,5. A contagem de palavras do texto deve incluir as notas e as referências. Nas citações diretas, é necessário especificar o autor, ano e página da citação. Todas as citações de obras em outros idiomas devem ser traduzidas para o português; a inclusão do trecho original em nota é opcional.

Pede-se que os autores destaquem termos ou expressões no texto por meio de aspas simples e não por itálico ou negrito (bold).

Ilustrações – Tabelas, figuras, gravuras, ilustrações, gráficos e desenhos em geral devem ser apresentados em arquivos separados do texto. Imagens digitalizadas devem ser apresentadas com resolução de no mínimo 600 dpi reais (não interpolados), em tamanho natural e salvas em formato JPEG e em cores RGB. Cromos ou slides devem ser apresentados com no mínimo 2.500 dpi reais (não interpolados). Tabelas devem vir em arquivos Word; gráficos e planilhas em Excel. Imagens não podem ser anexadas em arquivos do programa Word, pois a resolução não tem a qualidade necessária para impressão offset. Materiais provenientes de câmeras digitais devem ter no mínimo 3 megapixels de resolução ótica sem compressão (módulo high definition). Todas as imagens devem vir com a devida numeração e acompanhadas de legendas e indicação de fonte.

Resumo – Os artigos devem vir acompanhados de resumo na língua principal com, no máximo, 120 palavras.

Palavras-chave – Os autores devem apresentar até cinco palavras-chave, na língua original, representativas do conteúdo do trabalho.

Nomenclatura – Devem ser observadas cuidadosamente as regras de nomenclatura zoológica e botânica, assim como abreviaturas e convenções adotadas em disciplinas especializadas.

Notas – As notas devem ser restritas ao mínimo indispensável, numeradas e indicadas ao fim do artigo. No Word, devem ser inseridas como notas de fim e não notas de rodapé. A menção a documentos ou a obras citadas deverá constar no item Referências e não nas notas.

Instruções para elaboração de referências – Todos os títulos e documentos citados deverão ser apresentados ao final do artigo, com o título Referências, sem distinções de tipologias, fontes secundárias e primárias etc.

## Revista Ciência & Educação

Publica artigos científicos e de revisões de literatura resultantes de pesquisas empíricas ou teóricas originais sobre temas relacionados à Educação Científica (Ciências, Física, Química, Biologia, Geociências, Educação Ambiental, Matemática e áreas afins) incluindo críticas, defesas e comentários sobre artigos publicados na própria revista.

### Apresentação dos trabalhos

*Ciência & Educação* aceita colaborações em português, espanhol e inglês. Os originais devem ser enviados com texto digitado em Word for Windows ou software compatível, fonte Times New Roman, corpo 12, espaço simples, com até 15 laudas. O tamanho do papel é A4 e as margens devem ser configuradas: 3 cm para as margens esquerda e superior, e 2 cm para as margens inferior e direita.

### Artigo Original

Todos os originais submetidos à publicação devem conter resumo em língua vernácula e em inglês (abstract), bem como até cinco palavras-chave alusivas à temática do trabalho, em português ou espanhol e inglês.

Os padrões de referências e de citações seguem as normas mais atualizadas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR6023 e NBR10520, respectivamente.

Na *folha de rosto* devem constar o título do trabalho (em português ou espanhol e inglês) e afiliação completa de todos os autores na seguinte ordem: **última formação** (graduado em..., graduando em... , especialista em..., mestre em..., doutor em..., mestrando em..., doutorando em...), **função** (docente, pesquisador, coordenador, diretor...), **departamento** ou **unidade** (por extenso), **universidade** (sigla). **Cidade, estado, e-mail** e endereço do primeiro autor, para correspondência.

Na *primeira página* do texto devem constar o título completo do artigo em português ou espanhol e inglês, resumo em português ou espanhol e abstract, com até 150 palavras. Também devem ser atribuídas até cinco palavras-chave em português e em inglês (key words), separadas por ponto final. Esses descritores (palavras-chave/key words) devem refletir da melhor maneira possível o conteúdo abordado no artigo, de forma a facilitar a pesquisa temática dos usuários.

### Tabelas

Tabelas devem ser representadas segundo as normas de apresentação tabular do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1993). A identificação da tabela deve figurar na parte superior da mesma, em algarismo arábico, precedido da palavra tabela, seguida pelo título, item obrigatório, todos em fonte menor do que a do texto. Toda tabela deve citar a fonte, inscrita a partir da primeira linha de seu rodapé, para identificar o(s) responsável(is) pelos dados numéricos. A identificação deste(s) deve ser precedida da palavra Fonte ou Fontes.

Toda tabela deve ter cabeçalho para indicar o conteúdo das colunas. A moldura de uma tabela não deve ter traços verticais que a delimitem à esquerda e à direita. Recomenda-se que uma tabela seja apresentada em uma única página e que tenha uniformidade gráfica nos corpos e tipos de letras e números, no uso de maiúsculas e minúsculas e no uso de sinais gráficos.

## Ilustrações

Ilustrações de quaisquer tipos (desenhos, fotos, esquemas, fluxogramas, gráficos, mapas, organogramas, plantas, quadros etc.) devem ter extensão .jpeg, com resolução mínima de 400 dpi. Quando se tratar de gráficos e imagens coloridas, os autores devem enviar gráficos e imagens em versão colorida e em versão preto e branco ou tons de cinza. A versão on-line disponibilizará a versão colorida.

A ilustração deve ser inserida o mais próxima possível do texto a que se refere. A identificação deve figurar na parte superior da ilustração, em algarismo arábico, seguido do título. Na parte inferior da ilustração, deve ser citada a fonte, item obrigatório, que identifica o(s) responsável(is) pela mesma. A identificação deve ser precedida da palavra Fonte ou Fontes. Esses dados devem ser digitados em fonte menor do que a do texto.

## Notas de rodapé

Numeradas em algarismos arábicos, devem ser sucintas e usadas somente quando estritamente necessário. Além disso, devem estar em fonte menor e alinhadas à esquerda, no final da página.

## Transcrições

Devem ser colocadas entre aspas e em itálico (por exemplo: transcrição de entrevista, de discurso etc.).

## Citações

As chamadas de citações por sobrenome de autor e data devem ser em letras maiúsculas e minúsculas e, quando entre parêntesis, devem ser em letras maiúsculas. Devem ser citados até três autores, com sobrenomes separados por ponto e vírgula. Para mais de três autores, usar o sobrenome do primeiro e a palavra et al.

1. Citações diretas ou literais no texto: devem subordinar-se à forma: (sobrenome de autor, data, página). Com até três linhas, as citações devem ficar entre aspas e **sem itálico**. Com mais de três linhas, as citações devem seguir o seguinte padrão: recuo de 4 cm na margem, fonte menor, **sem aspas** e **sem itálico**.

2. Citações indiretas: quando o autor for citado no texto, colocar sobrenome do autor e ano (entre parêntesis).

Exemplos:

- Seu caráter interdisciplinar compreende "[...] uma área de estudos onde a preocupação maior é tratar a ciência e a tecnologia, tendo em vista suas relações, conseqüências e respostas sociais" (BAZZO; COLOMBO, 2001, p. 93).
- Na mesma perspectiva, Peixoto e Marcondes (2003) discutem visões equivocadas da ciência presentes nas interpretações de alunos inscritos em um programa especial de formação de professores de química para o Ensino Médio.

3. Citações de diversos documentos de um mesmo autor publicados no mesmo ano são distinguidas pelo acréscimo de letras minúsculas, em ordem alfabética, após a data e sem espaçamento.

- Reside (1927a)

- Reside (1927b)

4. Todos os autores citados devem constar das referências listadas no final do texto, em ordem alfabética, segundo as normas.