



Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca – ENSP

“Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos - riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente”

Por

Rosa Maria da Silva Barros

Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em

Ciências na área de Saúde Pública

Orientador: Prof. Dr. William Waissmann

Rio de Janeiro, junho de 2011



Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca - ENSP

Esta dissertação, intitulada

“Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos - riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente”

apresentada por

Rosa Maria da Silva Barros

foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof^a. Dr^a. Marisa Moura

Prof. Dr. Sidnei Clemente Peres

Prof. Dr. William Waissmann – orientador

Dissertação defendida e aprovada em 30 de junho de 2011

“Escrever sobre nanociências e nanotecnologia é estar circunscrito a um universo de conhecimento mínimo, que ainda é incipiente, haja vista que os avanços nanotecnocientíficos seguem adiante, bem mais rápido que o conhecimento que nós somos capazes de produzir sobre eles.” [Quaresma, Alexandre. 2010]

Catálogo na fonte

Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica

Biblioteca de Saúde Pública

B277 Barros, Rosa Maria da Silva

Nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos - riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente. / Rosa Maria da Silva Barros. -- 2011.

75 f.

Orientador: Waissmann, William

Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2011

1. Alimentos. 2. Nanotecnologia. 3. Trabalho. 4. Riscos Ambientais. 5. Saúde Pública. 6. Opinião Pública. I. Título.

CDD - 22. ed. – 620.5

Agradecimentos

Agradeço à Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca/Fundação Oswaldo Cruz, pela oportunidade de participar de seu Programa de Mestrado, que me proporcionou uma riqueza de conhecimentos jamais imaginada.

Agradeço às coordenadoras e a todo o corpo docente desta Escola, mestres, doutores, pesquisadores incansáveis na busca pelo direito de todos à saúde e ao bem estar social, transmitindo seus conhecimentos com carinho e dedicação.

Agradeço, especialmente, ao professor/doutor William Waissmann, que me apresentou um tema desafiador, levando-me a percorrer novos caminhos na estrada do conhecimento e a mergulhar em um universo totalmente novo e desconhecido para mim, o universo da nanociência.

Agradeço à professora/doutora Maria Simone de Menezes Alencar, do Sistema de Informação sobre a Indústria Química (SIQUIM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela presteza com que me respondeu sempre que precisei do seu apoio.

Agradeço aos colegas da turma de Mestrado, companheiros solidários que compartilharam dúvidas, informações, ansiedades e, também, muita alegria.

Agradeço a Deus por ter conhecido todas as pessoas com quem convivi durante este período. Em meu coração sempre haverá muita saudade!

“A nanotecnologia me parece mais uma profunda revolução conceitual e cultural, do que meramente tecnológica. A noção de átomo é muito recente na nossa cultura e ainda não a “digerimos” em todas as suas implicações e consequências culturais. Se (e enfatizo o se) ou quando o fizermos, quem sabe a humanidade aprenda a ter um pouco mais de respeito pela natureza. Inclusive, quem sabe, incorpore em seus padrões comportamentais a idéia de que o mundo se constrói dentro de nossos cérebros, a partir de impulsos elétricos e químicos que se reportam, em última análise, a moléculas e átomos.” [Silva, Cylon Gonçalves. In: Pallone e Jorge. Brasil aposta na nanociência e nanotecnologia. 2006]

Resumo

Um dos objetivos deste trabalho foi efetuar uma revisão sucinta dos aspectos relacionados à aplicação de nanotecnologias na produção de alimentos, seus riscos para a saúde humana e o meio ambiente e necessidades regulatórias. A revisão, associada ao resultado de entrevistas semiestruturadas, realizadas anteriormente, serviu de base para a concretização do segundo objetivo, a construção de um questionário para, com a utilização do método Delphi, verificar posições, idéias e conhecimentos de diferentes grupos da sociedade brasileira sobre nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos no Brasil. O trabalho está organizado em uma introdução do tema, um artigo e considerações finais.

Na introdução foram abordados os aspectos conceituais gerais das nanotecnologias; alguns dos seus benefícios e riscos; a participação do Brasil na competição internacional; a preocupação com a saúde humana, incluindo trabalhadores; as aplicações das nanotecnologias na produção de alimentos, seus impactos sociais e éticos e a importância da opinião pública para a condução de um debate sobre os seus marcos regulatórios.

A metodologia se constituiu no estudo de literatura sobre o tema e na construção do questionário, cujas questões foram convertidas em programa eletrônico. Na seleção dos elementos participantes, foi considerada a proximidade profissional, mesmo indireta, com as áreas de alimentos e/ou ambiente e saúde e/ou nanotecnologias.

No artigo foi demonstrada, de forma detalhada, a elaboração do questionário, a seleção dos participantes e a forma como será aplicado.

Considerando que alimentos contendo nanotecnologias são comercializados, sem rotulagem e sem regulamentação específica, entendendo que todos têm direito à informação e à participação nas decisões que podem afetar a saúde humana e o ambiente em que vivem, espera-se que a utilização do questionário aqui apresentado possa contribuir para o estabelecimento de um amplo debate sobre os marcos regulatórios dos nanoalimentos e das nanotecnologias aplicadas a alimentos no Brasil.

Palavras-chave: Alimentos, Nanotecnologia, Trabalho, Riscos Ambientais, Opinião Pública.

Abstract

One of the goals of this work was to make a brief review of aspects related to the application of nanotechnologies in food production, risks to human health and the environment and regulatory requirements. The review, together with the result of semi-structured interviews, conducted previously, served as the basis for achieving the second goal, the construction of a questionnaire to, using the Delphi method, to check positions, ideas and knowledge of different groups in Brazilian society about nanofoods and nanotechnology applied to food in Brazil. The paper is organized into an introduction to the theme, an article and concluding remarks.

Were discussed in the introduction the general conceptual aspects of nanotechnology and some of its benefits and risks; Brazil's participation in international competition; concern for human health, including workers, and applications of nanotechnologies in food production, its impacts social and ethical and importance of public opinion to conduct a debate on their regulatory frameworks.

The methodology was composed of a study of literature on the subject and the construction of the questionnaire, whose questions were converted into electronic program. In selection of people participating, was considered the proximity professional, even indirectly, with the areas of food and/or environment and health and/or nanotechnology.

In the article, was demonstrated in detail the preparation of the questionnaire, the selection of participants and how will be applied.

Considering that food containing nanotechnologies are marketed without labeling and without specific regulation, understanding that everyone has the right to information and participation in decisions that may affect human health and the environment they live in, it is expected that the use of the questionnaire presented here may contribute to the establishment of a broad debate about the regulatory frameworks of nanofoods and nanotechnology applied to food in Brazil.

Keywords: Food, Nanotechnology, Labor, Environmental Hazards, Public Health, Public Opinion.

Sumário

Apresentação	08
Introdução	10
Nanotecnologia	10
Nanotecnologia e a Preocupação com a Saúde e o Ambiente	12
Nanotecnologia na Produção de Alimentos	15
Toxicidade de Nanomateriais Utilizados na Indústria de alimentos	17
Pesquisa e Desenvolvimento da Nanotecnologia Aplicada a Alimentos no Brasil	19
Impactos Sociais e Éticos da Nanotecnologia e a Falta de Regulação	21
A Importância da Opinião Pública	28
Classificação Internacional de Patentes	32
Direito à Saúde na Produção e no Consumo	36
Método Delphi	40
Objetivos	41
Métodos	42
Referências	44
Artigo	54
Considerações Finais	74

Apresentação

Esta dissertação, requisito final para a conclusão do Programa de Mestrado, na subárea Saúde, Trabalho e Ambiente, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca/Fundação Oswaldo Cruz, é composta de: a) **Introdução**, que aborda os aspectos conceituais gerais das nanotecnologias, citando alguns dos seus benefícios e riscos; a participação do Brasil na competição internacional; os aspectos preocupantes das nanotecnologias com relação à saúde humana, inclusive a dos trabalhadores; a aplicação de nanotecnologias na produção de alimentos; os impactos sociais e éticos das nanotecnologias e a importância da opinião pública para a condução de um debate sobre os marcos regulatórios destas tecnologias, em especial na área de alimentos; b) **Aspectos Metodológicos**, onde se trata da revisão realizada e da confecção de um questionário; c) **Artigo**, em que se apresenta a elaboração de um questionário para se conhecer as posições e ideias de atores que se supõe envolvidos, mesmo que indiretamente, com nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas aos alimentos no Brasil, com o uso do Método Delphi; d) uma conclusão expressa em **Considerações Finais**.

A pesquisa está inserida no projeto “Nanoalimentos e Nanotecnologias Aplicadas a Alimentos: riscos à saúde, ao ambiente e necessidades regulatórias”, coordenado pelo Dr. William Waissmann, aprovado pelo CEP, conforme documento emitido em 16 de março de 2010, sob o número CAAE 0213.0.031.000-9.

Os novos riscos criados com a implantação de novas tecnologias devem ser enfrentados, não só pelos especialistas e cientistas, mas também pela atuação organizada dos trabalhadores e da sociedade em geral, segundo palavras de Porto (2007: 33;67). Acreditamos que, para a concretização deste enfrentamento, é imprescindível que a implantação de novas tecnologias seja precedida de estudos concretos sobre os

agravos que podem acarretar para a saúde e o ambiente e da sua divulgação, não só no meio científico, mas também para a sociedade, através dos meios de comunicação de massa, evitando-se que os riscos sejam reconhecidos e controlados somente depois do aparecimento de desastres ou doenças. Na opinião de Shakespeare (2005), a ciência, em si, como uma busca e um processo, deve ser livre, mas o diálogo sobre os avanços da ciência e da tecnologia deve ser mais amplo, pois todos os cidadãos são afetados pela ciência e pela tecnologia, na medida em que são consumidores de alimentos, tomam remédios, recebem diagnósticos, são submetidos a tratamentos médicos e participam de pesquisas médicas.

Espera-se que a proposta aqui apresentada, em forma de artigo, represente um passo inicial para a condução de um amplo debate sobre a necessidade do estabelecimento de um marco regulatório para nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas aos alimentos.

Introdução

Nanotecnologia

A nanotecnologia é vista geralmente como um novo e seguro campo emergente, que envolve manufatura, processamento e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas para controlar forma e tamanho em escala nanométrica. O tamanho minúsculo das nanopartículas, de 1 a 100 nanômetros, combinado com a composição química e a estrutura da superfície, proporciona-lhes uma característica peculiar e um vasto potencial de aplicações (Bouwmeester et al, 2009).

Um nanômetro corresponde à bilionésima parte do metro – uma folha de papel tem cerca de cem mil nanômetros de espessura. Utilizando a nanotecnologia, é possível adaptar estruturas essenciais de materiais em nanoescala para que obtenham propriedades específicas, tornando-os mais fortes, mais leves, mais duráveis, mais reativos ou melhor condutores de eletricidade etc. (NNI, 2011), porque na escala nanométrica, os materiais sofrem “efeitos quânticos” e porque apresentam grande capacidade reativa, em função da grande relação área/superfície, podendo adquirir propriedades completamente diferentes dos originais. Por exemplo, o carbono, na forma de grafite é macio e maleável; em nanoescala pode ser mais resistente do que o aço e seis vezes mais leve (ETC Group, 2005). As nanotecnologias envolvem diversos campos, como física, química, ciência dos materiais e engenharia e tem revolucionado a tecnologia e muitos setores da indústria: tecnologia da informação, energia, ciência ambiental, medicina, segurança interna, segurança alimentar, transporte e outros. Pode-se desgastar ou reduzir materiais, até que atinjam a nanoescala, em processos designados como “de cima para baixo”, o que foi possível a partir do desenvolvimento da microscopia eletrônica de tunelamento, e construir blocos de nanomateriais, a partir

de átomos e moléculas, o que se denomina “de baixo para cima”. Existem, porém, compostos em nanoescala que não são tidos como oriundos de nanotecnologias. Há os naturais, como as nanopartículas presentes na fumaça e nas cinzas vulcânicas, e outros que são subprodutos da atividade humana, como as nanopartículas presentes nos gases emitidos pelos ônibus e automóveis (NNI, 2011). Quando não especificados, chamaremos de nanopartículas aquelas existentes sem serem provenientes de processos nanotecnológicos, e de nanomateriais quando decorrerem de processos nanotecnológicos.

A “matéria prima” das nanotecnologias são os elementos químicos da Tabela Periódica – os blocos básicos da matéria animada ou inanimada. As ferramentas e processos nanotecnológicos podem ser aplicados, praticamente, em qualquer produto manufaturado e em todas as áreas do setor industrial. Atualmente, são fabricadas nanopartículas que são usadas em centenas de produtos comerciais, como computadores mais rápidos, drogas para células específicas, catalisadores químicos superpoderosos e sensores para monitoramento de cultivos, de criminosos e de consumidores. As nanotecnologias estão prontas para se tornarem as plataformas estratégicas para o controle global da indústria, da alimentação, da agricultura e da saúde, nos próximos anos (ETC Group, 2005). Para alguns, as nanotecnologias podem promover o equilíbrio ambiental, além de agregarem valor às cadeias produtoras de alimentos. Por meio de técnicas de preparação, caracterização e manipulação em escala nanométrica, podem ser identificados, gerados ou modificados nanocompósitos, nanofibras, filmes biodegradáveis e partículas de liberação controlada de nutrientes e agrotóxicos, com capacidade de substituição de produtos não degradáveis derivados do petróleo (Mattoso, 2005).

A busca por inovação na área de nanotecnologia gera uma forte competição tecnológica entre economias dos países desenvolvidos e em desenvolvimento (MDIC, 2011). No Brasil, a primeira ação oficial no sentido de gerar as condições necessárias para a participação do país nesta competitividade foi o Edital CNPqNano nº 01/2001, que instituiu quatro Redes Cooperativas de Pesquisa Básica e Aplicada em Nanociências e Nanotecnologia (CNPq/2001). Em 2005, por meio do Edital MCT/CNPq nº 29, foram criadas dez Redes de Pesquisa, que substituíram as quatro primeiras, com garantia de recursos públicos pelo período de quatro anos (MCT, 2005). Dando continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência e Nanotecnologia, o Edital MCT/CNPq 74/2010 promoveu seleção pública para apoio à formação de novas Redes de Pesquisa e Desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia, com aprovação de dezessete projetos (MCT, 2010). O Programa Nacional de Nanotecnologia, iniciado em 2005, proporciona aporte de recursos para diversos programas e projetos nas áreas de nanotecnologia e nanobiotecnologia. São eles: Jovens Pesquisadores; Programa de Laboratórios Nacionais; Programa de Laboratórios Estratégicos; Cooperação entre Empresas e Instituições de Pesquisa; Programa de Redes de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação; Cooperação Internacional; Incubadoras de Empresas e Editoração de Material de Divulgação da Nanotecnologia (MCT, 2011).

Nanotecnologia e a Preocupação com a Saúde e o Ambiente

Os efeitos benéficos das nanotecnologias são geralmente bem descritos, ao contrário dos potenciais efeitos toxicológicos e impactos dos nanomateriais, que têm recebido menos atenção do que deveriam (García et al, 2010). Um material em

nanoescala possui área de superfície muito maior do que o mesmo material em tamanho normal, uma quantidade maior de átomos entre em contato com outros ao seu redor, afetando a reatividade. Devido às condições ambientais como temperatura e salinidade, condições biológicas e presença de co-contaminantes, nanomateriais liberados no ambiente podem sofrer transformações, contaminando o solo, o ar e a água (NNI, 2011).

Trabalhadores que manuseiam, fabricam, empacotam ou transportam mercadorias, alimentos ou insumos contendo nanomateriais estão mais expostos e, conseqüentemente, correm mais riscos (Guazzelli e Peres, 2009).

Kato et al (2007) retratam a relação entre trabalho e ambiente da seguinte forma:

“No universo da Saúde do Trabalhador, entende-se como fonte de emissão um equipamento ou uma situação dentro do processo de produção no local onde o trabalhador executa suas atividades, geralmente demarcada pelos muros das plantas industriais. Para a área ambiental, crescem-se como fontes geradoras de agentes poluidores os produtos finais e secundários e os resíduos gerados no processo. Assim, tanto o trabalhador, quanto a população geral, sofrem os efeitos do processo de produção num ambiente transformado pela produção no entorno da fonte ou como consumidores dos produtos gerados nesse processo. Portanto, as questões do ambiente saudável estão intimamente ligadas às da Saúde do Trabalhador.”

Kato et al (2007) questionam sobre o que foi alcançado na Saúde do Trabalhador no tocante à exposição a agentes químicos. Afirmam que a comunicação dos riscos e as medidas de proteção, algumas já sugeridas e utilizadas há mais de trezentos anos, além de não terem alcançado todos os trabalhadores, até os dias de hoje, ainda são vistos com relutância pelos que podem modificar o processo de produção, referindo-se à substituição dos equipamentos de proteção individual (EPIs) pela modificação do processo de trabalho ou pela intervenção na fonte de risco, com equipamentos de

proteção coletiva (EPCs), medidas que deveriam ser adotadas pelos empregadores para a garantia da proteção integral ao trabalhador.

Schulte & Salamanca-Buentello (2007) entendem que as características de superfície, durabilidade, composição química, e outros fatores físico-químicos tornam os nanomateriais uma fonte de exposição dos trabalhadores por inalação e através da pele. Indicam, como possíveis efeitos adversos, o desenvolvimento de fibrose e outros problemas pulmonares, depois de curto período de tempo de exposição a nanotubos de carbono; o deslocamento de nanopartículas para o cérebro através do nervo olfativo; o deslocamento das nanopartículas pela circulação sanguínea e a trombose vascular pela ativação de plaquetas. Em seu entendimento, a experiência dos cientistas no controle de perigos e exposição para radiação ionizante, agentes biológicos, fármacos, poeiras minerais e poluição do ar pode ser utilizada no controle dos perigos dos nanomateriais, nos locais de trabalho. Concluem que, embora os riscos dos nanomateriais ainda não estejam bem definidos, as informações preliminares sugerem que o nível de preocupação com as partículas finas e ultrafinas industriais deve ser estendido para os nanomateriais, instituindo-se, assim, um grau adequado de proteção.

As tarefas que oferecem maior risco de exposição a nanomateriais são: trabalhar na geração de nanomateriais em sistemas não fechados; manipular pó de nanomaterial, na pesagem, mistura ou pulverização; manutenção em equipamentos e processos utilizados para produzir nanomateriais; limpeza de vazamentos e resíduos que contenham nanomateriais, limpeza de sistemas de coleta de pó usados para capturar nanopartículas/nanomateriais e serviços de usinagem, lixamento, perfuração, ou outros mecanismos de ruptura de materiais contendo nanopartículas/nanomateriais (NIOSH, 2009).

Nanotecnologia na Produção de Alimentos

O termo nanoalimento (nanofood) “descreve alimentos que foram cultivados, produzidos, processados ou embalados utilizando-se técnicas ou instrumentos nanotecnológicos, ou para os quais nanomateriais manufaturados tenham sido adicionados” (Joseph & Morrison, 2006).

As nanotecnologias podem ser aplicadas em todas as fases da produção de alimentos. Na produção primária, podem ser empregadas substâncias químicas nano-formuladas para aumentar a sua eficácia em relação às convencionais e utilizados nanomateriais na purificação da água e limpeza do solo. Os nanomateriais não são eliminados na colheita, podendo resultar em potencial exposição do consumidor. No processamento, é possível aplicarem-se nanotecnologias em maquinários de produção, em que os nanomateriais têm contato direto com os alimentos, por exemplo, no revestimento de máquinas que usam nanopeneiras para eliminar bactérias. Nanomateriais ou dispositivos nanotecnológicos são incorporados a materiais de embalagem ou recipientes, para aumentar o tempo de conservação e manter os produtos frescos. Em materiais de embalagem podem ser aplicadas, também, nanomateriais reativos, os *nanosensores*, capazes de reagirem a mudanças ambientais, como temperatura e umidade, nos locais de armazenagem, à deterioração de produtos e à presença de micro-organismos. É possível que embalagens com nanomateriais, após seu uso, em processo de destruição, liberem nanomateriais com funções antimicrobianas e outras que venham a intervir no ambiente geral, sendo relevante o conhecimento do ciclo de vida destes produtos. Alimentos funcionais podem conter nanomateriais como aditivos ou suplementos, com sistema de liberação programado, destinado a aumentar a

eficácia de compostos bioativos, como peptídeos, carboidratos ou lipídeos (Bouwmeester et al, 2009).

Materiais como o dióxido de titânio, que é um branqueador, e sílica têm sido utilizados em alimentos na forma de partículas em microescala, ao longo de décadas, sem evidências de efeitos nocivos. No entanto, em nanoescala, estes mesmos materiais têm as suas propriedades totalmente alteradas, podendo se tornar tóxicos e até mesmo causar danos ao DNA e câncer (Young, 2011).

Quina (2004) alerta que o pequeno tamanho dos nanomateriais facilita a sua difusão e transporte na atmosfera, nas águas e solos, podendo penetrar e se acumular em células vivas e, ainda, que a contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área de superfície, boa resistência mecânica e atividade catalítica, pode resultar na concentração de compostos tóxicos nas superfícies destes materiais, que serão transportadas para o meio ambiente ou acumuladas ao longo da cadeia alimentar.

O mercado usa diferentes termos, como “nanoalimento” ou “alimento ultrafino”, mas é muito difícil saber qual produto pode ser realmente chamado de “nano”. Como um passo para o estabelecimento de critérios regulatórios, é necessário que sejam considerados diversos fatores em conjunto, como o tamanho do material, o processo, as propriedades físico-químicas, a segurança e os riscos. Além disso, é preciso considerar que as nanotecnologias permitem diversas aplicações, o que envolve várias agências regulatórias e, também, se e quando o governo deve regular o processo ou o produto (Chau et al, 2007).

A preocupação (ou falta de preocupação) atual com os possíveis riscos da aplicação da nanotecnologia na produção de alimentos remete à grande polêmica mundial ocorrida, nos anos 1990, a respeito dos alimentos transgênicos e os riscos que poderiam provocar para a saúde e o ambiente. Nodari & Guerra (2003) relatam que a

experiência com agroquímicos liberados, a partir da Segunda Guerra Mundial, demonstrou o perigo da aplicação desta tecnologia sem a realização de testes adequados, pois os seus efeitos nefastos só foram conhecidos posteriormente.

Toxicidade de Nanomateriais Utilizados na Indústria de Alimentos

Os resultados de experiências científicas, que demonstram a toxicidade de nanomateriais comercializados, hoje, pela indústria de alimentos, são exemplos claros da necessidade urgente de definição dos níveis de risco e do estabelecimento de legislação específica sobre a produção e a comercialização de nanoalimentos. Seguem, abaixo, alguns destes resultados, que foram divulgados em publicações científicas, mas, certamente, não chegaram ao conhecimento do público que está sendo afetado pela exposição, o que comprova a falta de transparência e de preocupação com a saúde humana e com a preservação do meio ambiente.

Dióxido de Titânio: micropartícula amplamente usada como aditivo alimentar; nanopartícula usada como agente antimicrobiano e protetor UV em embalagens e recipientes e comercializada como aditivo alimentar.

- ✓ Experiência *in vitro* com 20nm resultou em destruição de DNA (Donaldson et al, 1996).
- ✓ Experiência *in vitro* com 30nm de mistura das formas rutilo e anatase produziu radicais livres em células do cérebro (Long et al, 2006).
- ✓ Experiência *in vitro* com nanopartícula das formas rutilo e anatase provocou danos a células humanas quando expostas à luz UV (Dunford et al, 1997).
- ✓ Experiência *in vitro* com nanopartículas de quatro tamanhos e nove áreas superficiais, de 3 a 20nm, com formas amorfas, rutilo e anatase puras e algumas

de suas misturas, demonstrou que altas concentrações interferiram em células da pele e dos pulmões, tanto normais como cancerosas. As partículas de anatase podem ser cem vezes mais tóxicas que as de rutilo. As amorfas são, ainda, mais tóxicas (Sayes et al, 2006).

- ✓ Experiência *in vivo* demonstrou que partículas de 25 e de 80nm causaram danos no fígado e no rim de ratos, com acumulação de TiO₂ nos tecidos do fígado, do baço, do rim e do pulmão (Wang et al, 2007.b).

Prata: usada como agente antimicrobiano em embalagens, recipientes, mesas de cozinha e refrigeradores.

- ✓ Experiência *in vitro* com partículas de 15nm resultou em alta toxicidade para células retiradas de embrião de rato (Braydich-Stolle et al, 2005).
- ✓ Experiência *in vitro* com partículas de 10 e 15nm resultou em alta toxicidade para células do fígado de rato (Hussain et al, 2005).

Zinco: as nanopartículas de zinco são comercializadas como aditivos nutricionais e usadas como agente antimicrobiano em embalagens de alimentos.

- ✓ Experiência *in vivo* demonstrou que partículas de 120nm de óxido de zinco em pó causaram danos dose-dependentes no fígado, coração e baço de ratos e partículas de 20nm danificaram fígado, baço e pâncreas (Wang et al, 2007a).
- ✓ Experiência *in vitro* com 19 nm de óxido de zinco resultou em toxicidade para células de humanos e ratos, mesmo em concentrações muito baixas (Brunner et al, 2006).
- ✓ Experiência *in vivo* com nanopartículas e micropartículas de zinco em pó em ratos resultou em sintomas severos de letargia, vômitos e diarreia. A dose de

nanopartícula produziu resposta mais severa; na primeira semana morreram dois ratos, com dano maior ao rim e anemia. O fígado sofreu maior dano no tratamento com micropartícula (Wang et al, 2006).

Dióxido de Silicose: partículas com menos de 100nm de dióxido de silicose são usadas como aditivos e nanoformulados são usados em embalagens de alimentos.

- ✓ Experiência *in vitro* demonstrou que partículas de 50 e 70 nm penetraram nos núcleos das células, causando a formação de proteínas anormais, inibindo o seu crescimento e causando o princípio de uma patologia similar a desordem neurovegetativa (Chen and Von Mickecz, 2005).

Pesquisa e Desenvolvimento da Nanotecnologia Aplicada a Alimentos no Brasil

A opção feita, aqui, é apresentar as linhas gerais do Projeto Básico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na área de nanotecnologias, liderado pela Embrapa Instrumentação Agropecuária. A Embrapa é onde se desenvolvem as principais pesquisas, básicas e aplicadas, na área, e os objetos do projeto sintetizam os caminhos da pesquisa e seu desenvolvimento, no país.

O projeto “Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio”, em execução na Embrapa Instrumentação Agropecuária, abrange três áreas, consideradas prioritárias: 1) desenvolvimento de sensores e biossensores, a partir de materiais nanoestruturados, para monitorar os processos de produção e a qualidade de produtos de origem agropecuária (alimentos e óleos biocombustíveis) e monitorar a qualidade da água de fontes naturais e de resíduos das atividades do agronegócio; 2) desenvolvimento de membranas de separação para vários processos agroindustriais e embalagens

inteligentes com controle da nanoestrutura para aplicação na agroindústria; e 3) novos usos de produtos ou subprodutos agropecuários, explorando a nanotecnologia e desenvolvimento de nanomateriais para liberação controlada de nutrientes e pesticidas em solos. O projeto está sendo executado, desde 2005, em parceria com diversas universidades, com os seguintes objetivos (Mattoso¹, 2005):

- Sintetizar, preparar e caracterizar materiais poliméricos nanoestruturados, com propriedades otimizadas em função da aplicação de sensores, biossensores, membranas de separação, filmes comestíveis, filmes ativos e inteligentes, liberação controlada de pesticidas e nutrientes e novos usos.
- Desenvolver sensores eletroquímicos e biossensores baseados com ferramentas de nanotecnologias, para avaliar impactos das atividades agropecuárias sobre a água e o solo através das análises de nutrientes e compostos orgânicos e inorgânicos.
- Estudar o uso do sistema sensor língua eletrônica e nariz eletrônico para novas aplicações, para monitorar a qualidade de alimentos durante o processo de produção e armazenamento².
- Desenvolver um sistema sensor baseado em materiais nanoestruturados, para monitorar a qualidade de óleos vegetais para produção de biodiesel.
- Aplicar e avaliar a ação de filmes ultrafinos comestíveis, com controle da nanoestrutura sobre frutos, minimamente, processados, visando redução das perdas fisiológicas e consequente aumento do tempo de vida útil.

¹ Líder do projeto

² A Língua Eletrônica é muito mais sensível do que a língua humana e foi desenvolvida pela Embrapa, em parceria com a USP, para avaliar a qualidade e o paladar de bebidas, entre elas a água, o vinho, o leite e o café. Ver: <http://www.cnpdia.embrapa.br/produtos/lingua.html>.

- Caracterizar química e mecanicamente filmes finos de polímeros de origem natural ou quimicamente sintetizados, para definição adequada de usos em embalagens ou membranas de permeação.
- Extrair materiais nanoestruturados, caracterizar e desenvolver novos materiais compósitos e novos usos de produtos agropecuários e resíduos da agroindústria (fibras de coco verde, sisal, algodão etc.) utilizando técnicas de nanotecnologia.
- Preparar novos sistemas de liberação controlada de insumos agrícolas, através de nanopartículas preparadas a partir de polímeros biodegradáveis.
- Realizar caracterização da coleção núcleo do banco ativo de germoplasma de milho da Embrapa, para a composição de biopolímeros biodegradáveis.
- Avaliar o impacto ambiental “ex-ante” de novos produtos e processos envolvendo nanotecnologia, ao longo do ciclo de vida da inovação tecnológica.

No último item, é exposta a preocupação em avaliar o impacto ambiental, antes que ocorra. Mas, na ausência da definição dos riscos à saúde humana, há que se perguntar, entre outros fatores, se os profissionais envolvidos nestas pesquisas não estão sendo expostos a perigos que desconhecem.

Impactos Sociais e Éticos da Nanotecnologia e a Falta de Regulação

A necessidade de pesquisa e divulgação dos riscos à saúde e ao ambiente decorrentes de novas tecnologias leva a uma reflexão sobre a relação entre cidadania e subjetividade preconizada por Santos (2010:240), para quem a subjetividade, além das ideias de autonomia e liberdade, envolve também as ideias de auto-reflexibilidade e de auto-responsabilidade. Santos entendem que o conceito de cidadania predominante no capitalismo liberal da atualidade, baseado em direitos e deveres, enriquece a

subjetividade e abre novos horizontes de auto-realização; porém, por se tratar de direitos e deveres gerais e abstratos, os sujeitos são transformados em unidades iguais e intercambiáveis no interior de administrações burocráticas, públicas e privadas, receptáculos passivos de estratégias de produção, enquanto força de trabalho, de estratégias de consumo enquanto consumidores e de estratégias de dominação, enquanto cidadãos da democracia de massas. É neste sentido que se entende que cada indivíduo tem o direito de conhecer os meios utilizados na produção dos alimentos, que consome, e os males, que podem causar para a sua saúde e para o meio ambiente, podendo, desta forma, optar-se por consumi-los, ou não, exercitando, assim, a sua subjetividade e a verdadeira cidadania.

Porto (2007: 25) afirma que o desconhecimento agrava os riscos à saúde e ao meio ambiente decorrentes do desenvolvimento econômico e tecnológico. Afirma, ainda, que a criação de novas tecnologias representa a criação simultânea dos seus riscos e acidentes, que podem afetar a saúde de populações e ecossistemas de forma abrupta ou crônica (idem: 67). Entende, ainda, que estes riscos têm que ser enfrentados, não só pelos especialistas e cientistas, mas, também, pela atuação organizada dos trabalhadores e da sociedade em geral, em defesa da vida e da democracia (idem: 33). Aqui, se defende o mesmo. Para a concretização do enfrentamento, é imprescindível que a implantação de novas tecnologias seja precedida de estudos concretos sobre os agravos que podem acarretar para a saúde e o ambiente, seguidos de sua divulgação, não só no meio científico, mas também para a sociedade, através dos meios de comunicação de massa, evitando-se que os riscos sejam reconhecidos e controlados somente depois do aparecimento de desastres ou doenças.

Arnaiz (2004) considera os alimentos transgênicos um exemplo de construção das representações sociais em torno dos riscos alimentícios. Em sua análise, em apenas

uma década, os chamados *alimentos geneticamente modificados*, que eram considerados como artigos quaisquer, sem restrições para produção e comercialização e, até, aclamados como solução para a fome no mundo, para a redução de custos de produção e para fabricar superalimentos, passaram a ser motivo da aplicação do *Princípio da Precaução* e de moratórias. O seu estudo mostra que, em matéria de alimentação, a população parece não querer aceitar riscos desnecessários e considera pouco úteis ou vantajosas as inovações científicas e tecnológicas idealizadas para que as frutas e legumes permaneçam mais tempo nas câmaras frigoríficas ou nas prateleiras dos supermercados. Hoje, não há motivo para se pensar do mesmo modo. Documento elaborado por mais de vinte representantes da Sociedade Civil Organizada e protocolado no Ministério da Ciência e Tecnologia, em março, deste ano, revela que, entre 2008 e 2010, o Brasil aprovou o uso comercial de vinte e seis tipos de sementes transgênicas, dez vacinas de uso animal e uma levedura geneticamente modificada; existem, ainda, 21 sementes geneticamente modificadas para resistência a herbicidas liberadas, hoje, no Brasil. Segundo este documento, em 2008 o Brasil passou a ser o maior consumidor de agrotóxicos do mundo e, em 2009, o país com a segunda maior área cultivada com transgênicos, sendo que a soja, principal cultura transgênica do país, consome 46% de todos os agrotóxicos aplicados nas plantações. O documento representa um repúdio à sistemática violação ao *princípio da precaução* e ao controle de todo o setor de sementes transgênicas do Brasil, por apenas seis grupos multinacionais. (Terra de Direitos, 2011).

A situação das nanotecnologias parece que não será diferente. A voracidade por patentes de produtos e processos em nanoescala pode significar megamonopólios dos blocos básicos de construção e ferramentas em nanoescala, que envolvem todos os setores da indústria, desestabilizando o comércio e a vida dos trabalhadores mais pobres

e mais vulneráveis, que não têm flexibilidade econômica para responder a demandas imediatas de novas habilidades ou diferentes matérias-primas (ETC Group, 2005). Entre os mais vulneráveis estão os pequenos agricultores e trabalhadores agrícolas dos países em desenvolvimento, que produzem *commodities* não beneficiadas pela exportação (ETC Group, 2004).

A falta de regulação específica sobre nanotecnologia tem levado diversas entidades representativas da sociedade e de trabalhadores de diversas partes do mundo a reivindicarem moratória aos produtos nanotecnológicos. O Grupo ETC (2010) pede, há oito anos, que os produtos nanotecnológicos deixem de ser produzidos e comercializados até que pesquisadores e trabalhadores expostos tenham razoável garantia de segurança e a retirada de todos os produtos que estão sendo pulverizados no ambiente, ingeridos por pessoas ou animais ou usados sobre a pele das pessoas. O Conselho Australiano de Sindicatos recomenda o *Princípio da Precaução* até que sejam desenvolvidos métodos de identificação dos perigos, avaliação dos riscos e mecanismos de controle dos nanomateriais (ACTU, 2009). A Confederação Europeia dos Sindicatos aprovou a sua segunda Resolução, ratificando o apelo pelo *Princípio da Precaução* feito, em 2008, com base no entendimento de que, se não existem dados disponíveis sobre os riscos, os trabalhadores não devem ser expostos (ETUC, 2010). Em julho de 2007, foi divulgado o documento que recebeu o título de *Princípios para a Fiscalização de Nanotecnologias e Nanomateriais*, elaborado e assinado por quarenta e seis organizações da sociedade civil, de interesse público, ambientais e sindicais de diversos países do mundo, convocando todos os organismos e atores relevantes a tomarem

providências no sentido de implementar, incorporar e internalizar tais princípios, a saber (ORIT, 2007)³:

- A Precaução como Fundamento: proibir a comercialização de produtos nanotecnológicos não testados e responsabilizar fabricantes e distribuidores pelo ônus da prova.
- Regulação Nano Específica Compulsória: ajustar e aplicar os sistemas regulatórios atuais, como medida temporária, até que possam ser formulados mecanismos de fiscalização nano específicos, com retroatividade para todos os produtos contendo nanomateriais, já disponíveis no mercado.
- Saúde e Segurança do Público e dos Trabalhadores: fiscalização adequada e efetiva dos nanomateriais, com ênfase imediata na prevenção de exposições conhecidas e potenciais aos nanomateriais, que não sejam, comprovadamente, seguros para o público e, principalmente, para os trabalhadores.
- Sustentabilidade ambiental: avaliação imediata do ciclo de vida, incluindo fabricação, transporte, uso do produto, reciclagem e descarte de dejetos, antes da comercialização.
- Transparência: rotulagem de produtos de consumo contendo nanomateriais, adoção de regras de direito à informação, medidas de proteção nos locais de trabalho e desenvolvimento de um inventário de acesso público a informações relativas à saúde e segurança.
- Participação Pública: participação do público, plenamente, nos processos deliberativos e de tomada de decisões de forma construtiva, informativa, e não limitada, meramente, ao “engajamento” público a posteriori e de mão única, com o propósito de “educá-lo” para suprimir o debate e favorecer a aceitação pública.

³ Não há qualquer organização brasileira entre os signatários deste documento.

- Inclusão de Impactos Mais Abrangentes: considerar os impactos adversos decorrentes do reconhecimento de patentes para nanomateriais fundamentais, o que equivaleria a privatizar os pilares sobre os quais o mundo atual se assenta; aspectos como impactos sociais, avaliação ética, equidade, justiça e preferências individuais das comunidades devem ser incluídas na alocação de fundos para pesquisas.

- Responsabilidade Civil do Fabricante: tanto as pessoas ligadas à comercialização, quanto aquelas ativamente engajadas nos setores de nanotecnologia são responsáveis pela adequada gestão do produto e pelos prejuízos causados em decorrência de falhas ao tomarem decisões de precaução que protejam pessoas e o ambiente, incluindo fabricantes, pesquisadores, pessoas que manipulam nanomateriais e varejistas; os regimes de fiscalização devem incluir mecanismos financeiros, mantidos por fabricantes e distribuidores, que assegurem a disponibilidade de fundos para compensar e/ou remediar quaisquer prejuízos à saúde, ao trabalho e ao ambiente.

A União Internacional de Trabalhadores da Alimentação, Agrícolas, Hotéis, Restaurantes, Tabaco e Afins (UITA), que representa cerca de doze milhões de trabalhadores, em mais de cento e vinte países, lançou uma Resolução, onde menciona o *Princípio da Precaução* diante da ausência de métodos e dados científicos sobre a toxicidade das nanopartículas, “até que sejam produzidas provas científicas suficientes, demonstrando a inexistência de riscos ou, se existirem, a possibilidade de revertê-los” (Foladori e Inverzini, 2007). O Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Dieese), brasileiro, divulgou uma Nota Técnica, em outubro de 2008, apresentando o tema das nanotecnologias ao movimento sindical, levantando questões referentes aos impactos desta tecnologia para os trabalhadores e, também, alertando o movimento sindical sobre a necessidade de compreender e discutir a adoção do *Princípio da Precaução*, considerando as incertezas quanto aos riscos, impostas à

segurança da população pelos conhecimentos científicos inconclusos. No documento, são apontadas como ações fundamentais: a avaliação permanente do papel das nanotecnologias na situação social e na degradação do meio ambiente; a adoção de medidas para requalificar os trabalhadores e gerar novas oportunidades de emprego; introdução, nas negociações coletivas, de cláusulas sobre o direito à informação sobre a introdução das nanotecnologias e de suas aplicações no ambiente de trabalho, na proteção ambiental e na saúde dos trabalhadores e sobre a responsabilização dos empregadores pelos possíveis danos à saúde e ao ambiente. O documento enfatiza, ainda, a importância do diálogo sobre nanotecnologias entre diversos atores sociais: Estado, Centrais Sindicais, movimentos populares e entidades patronais (DIEESE, 2008).

Este estudo mostrou, no exemplo dos transgênicos, que o *Princípio da Precaução* tende a não ser considerado, frente as suas diversas implicações. Também, foi demonstrado que não existem certezas quanto aos riscos, considerando alguns exemplos de experiências científicas, aqui, relatadas. Na análise de Berger Filho (2010), na atual sociedade, a tendência dos riscos, observados, apenas, pelo aspecto técnico, é alcançar dimensões de risco econômico, risco político, risco cultural etc. Por outro lado, acreditamos que os riscos podem ser evitados sem medidas extremas. O importante é que, enquanto a regulação não é definida, exista transparência pública dos resultados de todos os estudos realizados, enfatizando não apenas os “milagres” das nanotecnologias, mas também os seus perigos.

A Importância da Opinião Pública

O estudo realizado por Ostrowski et al (2009) causa preocupação com relação ao estabelecimento dos níveis de risco a curto prazo e, conseqüentemente, à prevenção dos possíveis perigos das nanotecnologias para a saúde e o ambiente. Buscando estabelecer a linha base do estado de conhecimento sobre a toxicidade dos nanomateriais, no período de 2000 a 2007, os autores encontraram diferenças de opinião, que acreditam terem implicações significativas para especialistas, reguladores e público. Verificaram, também, que a maioria das pesquisas não descreve a trajetória da exposição, preocupando-se com a toxicidade aguda e a mortalidade, e não com as complexas interações, que podem afetar o organismo humano, sem o devido cuidado com a exposição crônica e a morbidade, chamando a atenção para a existência de pouquíssimas pesquisas sobre produtos para consumo e seu descarte ambiental, fato que acreditam afetar a aceitação das nanotecnologias pelo público.

Nas palavras de Cruz e Cornelli (2010), o progresso científico e tecnológico tornou possível o desenvolvimento de um processo de mitificação do empreendimento científico, que gera uma situação de “autoritarismo científico”, baseada no entendimento de que o conhecimento científico é condição necessária e suficiente para justificar e legitimar decisões políticas. No entanto, esta afirmação parece irreal. Veja-se o estudo de Oliveira e Epstein (2009), que ressalta as pressões atuais da sociedade civil pela participação no processo decisório, destacando o jornalismo científico, o poder legislativo e a opinião pública, cujos interesses assimétricos não contribuem para o amadurecimento do diálogo sobre política científica e a construção de consenso sobre os rumos da ciência. Enquanto o público procura “verdades”, a partir do trabalho da ciência, o jornalismo científico busca divulgação rápida e muitas vezes opera certezas

provisórias, que poderão ser confirmadas, refutadas, ou mesmo transformadas, à medida que o saber, científico, é construído. Enquanto isso, os legisladores precisam resolver em tempo, ainda, mais curto, e construir normas seguras para a sociedade e para a comunidade científica, baseadas no conhecimento científico, sem que tenha sido formado um consenso científico sobre os benefícios e riscos que envolvem a pesquisa científica, em questão. Oliveira e Epstein (2009) enfatizam a importância do consenso público e da sabedoria coletiva, lembrando que a permissão legal para a realização de pesquisas ligadas à biotecnologia envolveu uma discussão pública, técnica, política, jurídica, religiosa e científica, que não ocorre, em geral, em curto espaço de tempo, concluindo que o grande público, ou uma parcela especializada deste, não pode deixar de ser ouvida sobre os interesses, riscos e escolhas que orientam a atividade científica, corroborando a democratização da ciência preconizada por Shakespeare (2005), para quem a ciência, em si, como uma busca e um processo, deve ser livre, mas a sociedade deve traçar os limites da aplicação científica, pois todos nós somos afetados pela ciência, na medida em que somos consumidores de alimentos, tomamos remédios, recebemos diagnósticos, passamos por tratamentos médicos e participamos de pesquisas médicas.

Pesquisas realizadas nos Estados Unidos e na Europa identificam as diferentes percepções de cientistas e do público sobre os riscos e benefícios das nanotecnologias e a influência destas percepções nas atitudes relativas a estas novas tecnologias. Os cientistas se mostraram mais otimistas em relação aos benefícios e menos preocupados com os riscos, com ênfase no potencial da nanotecnologia para proporcionar avanços na medicina, ambiente limpo e defesa nacional (Scheufele et al, 2007); a população em geral, tende a tomar decisões sobre a necessidade de regulação baseados na percepção dos riscos, somada a valores políticos e econômicos, e entende que as áreas de

vigilância/privacidade, aprimoramento humano, medicina e ambiente são as que mais necessitam de regulação (Corley et al, 2009). O público demonstrou mais preocupação com as potenciais desvantagens das nanotecnologias do que os cientistas, incluindo a perda de privacidade e os impactos econômicos adversos, mostrando mais confiança nas informações dos cientistas da indústria e da universidade do que nos órgãos governamentais, agências reguladoras e mídia (Scheufele et al, 2007), com tendência a confiar mais na sua percepção dos benefícios do que nos riscos para tomarem decisões sobre nanotecnologias (Corley et al, 2009). A religião parece também influenciar, de forma importante, a percepção pública. Pessoas menos religiosas têm atitudes mais favoráveis do que as fortemente religiosas, que tendem a se oporem a novas pesquisas e a financiamento federal governamental das nanotecnologias (Scheufele et al, 2009; Ho et al, 2010). O uso dos meios de comunicação de massa e o processo de elaboração das informações científicas foram associados positivamente ao apoio público ao financiamento federal das nanotecnologias, enquanto o conhecimento científico factual não teve nenhuma associação significativa (Ho et al, 2010). Outro fator de importante influência na percepção, opinião e atitudes do público é a associação das nanotecnologias com áreas específicas. Em indivíduos que associam a nanotecnologia com determinadas áreas, como a medicina, a percepção de risco influencia muito mais na formação de atitudes do que naqueles que não fazem esse tipo de conexão mental. Enquanto algumas dessas associações consideram os benefícios das nanotecnologias, outras podem ressaltar a ampla variedade de riscos. Por exemplo, a associação das nanotecnologias com o ambiente sugere poluição ou outra forma de risco ambiental, levando a opiniões negativas. A associação das nanotecnologias com o campo da medicina, da engenharia biológica dos seres humanos, bem como com máquinas e computadores, leva a opiniões positivas quando às percepções de riscos são baixas.

Porém, se a percepção de riscos aumenta, as opiniões mudam. Ao contrário, aqueles que não fazem associação alguma, têm opiniões estáveis, que tendem a ser menos positivas, mesmo quando as percepções de riscos são baixas (Cacciatore et al, 2009).

Algumas questões emergem destes estudos:

- Um quadro regulatório em longo prazo envolve mudança de percepção dos cientistas sobre riscos e do público sobre benefícios, além de dados racionais sobre avaliação de riscos (Corley et al, 2009).

- As nanotecnologias podem ser umas das primeiras tecnologias emergentes em que a academia e as empresas têm a capacidade de chegar diretamente a um público que confia nas suas informações. Pode ser, também, a primeira vez em que os cientistas deverão ter que explicar para este público porque ele deve preocupar-se com alguns riscos potenciais (Scheufele et al, 2007).

_ As crenças religiosas podem fazer parte de sistemas de valores das pessoas quando tomam sentido da ciência e da tecnologia mais amplamente, devido às contradições normativas entre ciência e crença religiosa, ilustrada pela visão de que a ciência interfere na natureza ou é equivalente a “brincar de Deus” (Scheufele et al, 2009).

- Considerando que refletir sobre as notícias científicas promove uma melhor compreensão do mundo científico e pode proporcionar uma estrutura cognitiva mais sofisticada para o público formar opinião sobre nanotecnologias, os profissionais de comunicação científica devem adotar a estratégia de adaptar as mensagens, de forma que alcancem públicos de diferentes classes sociais (Ho et al, 2010).

- As conexões mentais das nanotecnologias com áreas de aplicação específicas influenciam na percepção dos riscos e na opinião pública (Cacciatore et al, 2009).

Os exemplos acima citados retratam a importância de uma investigação sobre a opinião de atores-chave a respeito dos nanoalimentos e da aplicação da nanotecnologia

na produção de alimentos no Brasil. Afinal, diversos produtos alimentares e de nutrição, contendo aditivos em escala nanoscópica, já estão disponíveis comercialmente e alguns agrotóxicos formulados em escala nanométrica estão sendo liberados no ambiente. Como eles são invisíveis, ou seja, não são rotulados e não há regulamentação específica a respeito (ETC Group, 2004), o público pode estar ingerindo nanoalimentos sem saber.

Classificação Internacional de Patentes

A Propriedade Intelectual compreende o Direito Autoral e a Propriedade Industrial, que envolve a proteção de bens imateriais industrialmente aplicáveis, tais como patentes de invenções, marcas de indústria, comércio e serviços, desenhos industriais e indicações geográficas. A patente constitui um direito outorgado pelo Estado, que confere ao titular a exclusividade temporária de exploração do objeto de uma invenção, garantindo-lhe uma posição privilegiada de mercado (Malavota, 2008). O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, foi criado em 11 de dezembro de 1970, pela Lei nº 5.648, com a função de proteger a Propriedade Intelectual e tem, entre as suas atribuições, a de analisar, decidir e conceder privilégios patentários. Com um trabalho de reestruturação, empreendido a partir de 2004, o Instituto concentra esforços para utilizar o sistema de propriedade industrial como um instrumento de capacitação e competitividade, condições fundamentais para alavancar o desenvolvimento tecnológico e econômico do país. Com a participação ativa nos debates e negociações em foros internacionais, busca ampliar o conceito de Propriedade Intelectual, de forma a promover condições de desenvolvimento para todos os países (INPI, 2011a).

A Divisão de Estudos e Programas (Diespro) do Centro de Divulgação, Documentação e Informação Tecnológica (Cedin), subordinado à Diretoria de Articulação e Informação Tecnológica (DART), do INPI, é responsável pela elaboração de publicações fundamentadas, essencialmente, em informações extraídas de documentos de patentes. A publicação semestral “Alerta Tecnológico” tem o objetivo de alertar sobre os principais depositantes de patentes em determinado setor e período de tempo, os países onde o primeiro depósito foi solicitado (país de prioridade), as áreas tecnológicas mais solicitadas, além de divulgar os títulos dos pedidos de patentes publicados mundialmente em determinado período, contribuindo para a atualização do seu público alvo (Nunes e Rohem-Santos, 2010:3). Três edições do “Alerta Tecnológico” foram dedicadas aos pedidos de patentes sobre nanotecnologia, no segundo semestre de 2008 e primeiro e segundo semestres de 2009, respectivamente. Na última edição, foi verificado um forte crescimento da nanotecnologia, apontando o Brasil em 12º lugar no *ranking* de países de prioridade. Os cinco primeiros são Estados Unidos, Japão, China, Coreia e Alemanha, seguidos pela França, Rússia, Reino Unido e Itália (Nunes e Rohem-Santos, 2010:6-7).

A Classificação Internacional de Patentes (CIP) é uma classificação especial, utilizada, internacionalmente, para indexação de documentos de patentes de invenções e modelo de utilidade. Instituída, em 1971, pelo Acordo de Estrasburgo, do qual o Brasil é membro, é utilizada por cerca de setenta países (membros ou não), três Administrações Regionais e pela Secretaria Internacional da Organização da Propriedade Intelectual. O sistema da Classificação Internacional de Patentes resultou dos esforços conjuntos de órgãos de propriedade industrial de numerosos países, com base em um tratado internacional multilateral, a Convenção Europeia para a Classificação Internacional de Patentes de Invenções, celebrada em 1954. Em 1959,

teve início uma negociação para atualizar a sua gestão. Em 1971, um novo acordo foi discutido e celebrado, sob o patrocínio conjunto do Conselho da Europa e da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), tendo se tornado o Acordo de Estrasburgo Relativo à Classificação Internacional de Patentes. O período de transição, iniciado em 1969, terminou em 1975, quando o acordo entrou em vigor, cessando a responsabilidade do Conselho da Europa pela administração da CIP, que passou para a OMPI. A CIP, então, se tornou um sistema mundial, administrado por um organismo intergovernamental, de âmbito internacional. Qualquer país membro da Convenção de Paris para a Proteção da Propriedade Industrial⁴ pode se tornar membro do Acordo de Estrasburgo, que implica em direitos e obrigações para o novo Estado-membro. A Classificação Internacional de Patentes divide a técnica em oito setores principais e subdivisões, cada uma com um símbolo composto de algarismos arábicos e letras do alfabeto latino. Os oito setores principais são denominados de seções, a saber (INPI, 2011b):

Seção A - Necessidades Humanas (Volume 1)

Seção B – Operações de Processamento, Transporte (Volume 2)

Seção C – Química e Metalurgia (Volume 3)

Seções D – Têxteis e Papel (Volume 4)

Seção E – Construções Fixas (Volume 5)

Seção F – Engenharia Mecânica/Iluminação/Aquecimento (Volume 6)

⁴ A Convenção da União de Paris para Proteção da Propriedade Industrial teve início sob a forma de anteprojeto, redigido em uma Conferência Diplomática realizada em Paris, no ano de 1880. Em 6 de março de 1883, foi convocada nova Conferência para aprovação definitiva do texto, que entrou em vigor em 7 de julho de 1883. Foram feitas sete revisões. Na primeira, em Roma, nenhum país ratificou os atos assinados. Seguiram-se Bruxelas (1900), Washington (1911), Haia (1925), Londres (1934), Lisboa (1958) e Estocolmo (1967). O Brasil, país signatário original, aderiu à Revisão de Estocolmo, em 1992 (INPI, 2011c).

Seção G – Física (Volume 7)

Seção H – Eletricidade (Volume 8)

O símbolo completo da classificação para a técnica específica é constituído por símbolos representando Seção (conforme acima), Classe (número composto por dois algarismos), Subclasse (letra maiúscula), Grupo e Subgrupo (INPI, 2011b). Nanotecnologias estão classificadas como B82, ou seja, estão inseridas na seção relativa a “Operações de Processamento; Transporte”. As seis grandes áreas das nanotecnologias, sob a ótica da Propriedade Industrial são: eletrônicos; ótico-eletrônicos; medicina e biotecnologia; medição e fabricação; ambiente e energia; nanomateriais.

A categoria “alimentos” está classificada como A23L (alimentos e produtos alimentícios), portanto na seção “Necessidades Humanas”. Embora a cadeia produtiva de alimentos envolva diversos fatores, desde a preparação do solo até o consumo final, passando pelo tratamento de sementes, utilização de fertilizantes e agrotóxicos, tratamento de animais destinados ao consumo, máquinas e implementos, embalagens, acondicionamento, transporte, e muitos outros, na Classificação Internacional de Patentes a maioria não pertence à categoria “alimentos”. Verificamos, por exemplo, o processo de nano-filtragem utilizado para produção de água potável a partir da água do mar e a nanoprata, largamente utilizada em revestimentos de mesas e utensílios domésticos não são considerados como pertencentes à área de alimentos (2011d). Tais dados são relevantes quando se pretende prestar informação ao público e se buscam informações sobre patentes. Muitas patentes relacionadas a determinado processo produtivo, como no caso dos alimentos, podem localizar-se em categorias que não alimentos.

Direito à Saúde na Produção e no Consumo

A Constituição Federal do Brasil (1988), em seu artigo 196, preconiza:

“A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.”

Entre as competências atribuídas ao Sistema Único de Saúde (SUS), pela Constituição Federal, estão: a fiscalização e inspeção de alimentos, bebidas e águas para consumo humano e a colaboração na proteção do meio ambiente, inclusive o do trabalho (artigo 200, incisos VI e VII).

A Constituição Federal garante a todos, também, o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, incumbindo o Poder Público de controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (artigo 225, inciso V).

A Lei 8.080, de 19 de setembro de 1990, determina o controle, por meio de ações de vigilância sanitária, de bens de consumo que, direta ou indiretamente, se relacionem com a saúde, compreendidas todas as etapas e processos, da produção ao consumo (artigo 5º, parágrafo 1º, inciso I). Entre as ações de saúde do trabalhador estão a participação, no âmbito de competência do SUS, na normatização, fiscalização, transporte, distribuição e manuseio de substâncias, produtos, máquinas e equipamentos que apresentem riscos à saúde dos trabalhadores; avaliação do impacto que as tecnologias provocam à saúde e revisão periódica da listagem oficial de doenças originadas no processo de trabalho (artigo 5º, parágrafos 1º e 3º).

Apesar da inexistência de legislação específica sobre a aplicação das nanotecnologias na produção de alimentos, as normas da legislação brasileira de alimentos podem, ao menos, parcialmente, serem utilizadas para a proteção da saúde dos consumidores e dos trabalhadores e a preservação do meio ambiente. Apresenta-se, a seguir, algumas aplicáveis a nanoalimentos.

O Decreto-Lei número 986/69 determina uma série de diretrizes para produtos alimentícios no Brasil, contemplando os aspectos de fabricação, fiscalização, registro, e outros. As diversas legislações posteriores são mais específicas, mas o Decreto-Lei 986/69, que institui normas básicas sobre alimentos, ainda está em vigor e supre as omissões das demais normas (Carvalho et al, 2006:12). Destacamos os seus artigos 26 e 50, que fazem referência ao emprego de substâncias, produtos de higienização de alimentos, matérias-primas alimentares, alimentos *in natura* e recipientes ou utensílios destinados a entrarem em contato com alimentos, determinando que a sua utilização esteja condicionada à prévia autorização do órgão competente do Ministério da Saúde (Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa), mediante regulamento específico. Esta norma trata, ainda, de aditivos, rotulagem e produtos importados.

A Lei 8.078, de 11 de novembro de 1990 (Código de Defesa do Consumidor), estabelece, como direito do consumidor, entre outros, a informação adequada e clara sobre os diferentes produtos e serviços, com especificação correta de quantidade, características, composição, qualidade e preço, bem como sobre os riscos que apresentam (artigo 6º, inciso III). Determina que os produtos e serviços colocados no mercado não acarretem risco à saúde ou à segurança dos consumidores, exceto os considerados normais e previsíveis em decorrência de sua natureza e fruição, obrigando os fornecedores, em qualquer hipótese, a darem as informações necessárias e adequadas a seu respeito (artigo 8º) e que a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios

informem os consumidores sempre que tiverem conhecimento de periculosidade de produtos ou serviços à sua saúde ou segurança (artigo 9º; parágrafo 3º).

A Anvisa, vinculada ao Ministério da Saúde, tem a finalidade de promover a proteção da saúde da população, por intermédio do controle sanitário da produção e da comercialização de produtos e serviços submetidos à vigilância sanitária, inclusive alimentos. É responsável, também, pela coordenação do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (OPAS, 2008). Criada em 26 de janeiro de 1999, uma das suas atribuições é a de estabelecer normas e padrões sobre limites de contaminantes, resíduos tóxicos, desinfetantes, metais pesados e outros que envolvam riscos à saúde (Lei 9.782, artigo 7º, inciso, IV).

O Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003, regulamenta o direito à informação, assegurado pelo Código de Defesa do Consumidor, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal, que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados (OGM). Na presença de, ao menos, um por cento de OGM, o consumidor deverá ser informado da natureza transgênica do mesmo, determinando a definição, pelo Ministério da Justiça, de um símbolo, que deverá ser impresso no rótulo do produto, acompanhado de uma das expressões, dependendo do caso: (nome do produto) transgênico, contém (nome do ingrediente) transgênico ou produto produzido a partir de (nome do produto) transgênico (artigo 2º, parágrafo 1º) e o mesmo procedimento para os alimentos e ingredientes produzidos a partir de animais alimentados com ração contendo ingredientes transgênicos (artigo 3º). Esta norma pode ser perfeitamente estendida aos nanoalimentos, com a simples inclusão de uma cláusula, determinando a impressão de um símbolo nos rótulos dos produtos, acompanhado das mesmas expressões,

substituindo a palavra “transgênico” pela palavra “nanotecnológico” ou similar, garantindo aos consumidores o direito à informação.

A Resolução RDC nº 175, de 08 de julho de 2003, da Anvisa, aprova o “Regulamento Técnico de Avaliação de Matérias Macroscópicas e Microscópicas Prejudiciais à Saúde Humana em Alimentos Embalados”, no qual são considerados como matéria prejudicial à saúde humana: insetos e outros animais, em qualquer fase de desenvolvimento, vivos ou mortos, inteiros ou em partes, reconhecidos como vetores mecânicos; parasitos; incrementos de insetos e/ou de outros animais; objetos rígidos, pontiagudos e/ou cortantes, que possam causar lesões no consumidor. São excluídos desta resolução: as matérias-primas e insumos para fins industriais, os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia de fabricação. Através da Portaria nº 284, de 15 de março de 2010, a Anvisa e o Ministério da Saúde instituíram um Grupo de Trabalho com o objetivo de realizar a revisão desta Resolução, elaborar proposta de Resolução substituta e, depois de findo o prazo para críticas e sugestões à Consulta Pública, participar da análise das contribuições e consolidação da proposta final. A proposta final, incluindo seus anexos, não contém referência a nanomateriais.

A Lei 11.105, de 24 de março de 2005 (Lei de Biossegurança), estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, o cultivo, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e o descarte de OGMs e seus derivados, tendo como diretrizes o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia, a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal, e a observância do princípio da precaução para a proteção do meio ambiente (artigo 1º). Esta lei é direcionada especificamente às atividades que envolvem OGM. No entanto, está sendo mencionada, aqui, como um exemplo de Lei

que pode servir de modelo para uma legislação voltada para os nanoalimentos, pela sua abrangência em todos os aspectos que envolvem a cadeia produtiva de alimentos e a proteção da saúde, do ambiente e do trabalhador. Além disso, cria:

- O Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS). Uma de suas competências é a de analisar os pedidos de liberação de OGM e seus derivados para uso comercial, quanto aos aspectos da conveniência e oportunidade socioeconômicas e do interesse nacional (artigo 8º, parágrafo 1º, inciso II).
- A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), instância colegiada multidisciplinar integrante do Ministério da Ciência e Tecnologia tem, entre as suas atribuições, o apoio técnico e de assessoramento ao Governo Federal no estabelecimento de normas técnicas de segurança e de pareceres técnicos referentes à autorização para atividades, que envolvem pesquisa e uso comercial de OGM e seus derivados, com base na avaliação de seu risco zoofitossanitário, à saúde humana e ao meio ambiente (artigo 10) e, ainda, acompanhar o desenvolvimento e o progresso técnico e científico nas áreas de biossegurança, biotecnologia, bioética e afins, com o objetivo de aumentar sua capacitação para a proteção da saúde humana, dos animais e plantas e do meio ambiente (parágrafo único).

Método Delphi

O Delphi, na sua formulação original, é uma técnica para a busca de um consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros, destinado ao planejamento em situações de carência de dados históricos ou quando se pretende estimular a criação de novas ideias. Este conceito tradicional foi ampliado para

incorporar a busca de ideias e estratégias para a proposição de políticas organizacionais mais gerais, deixando de caracterizar apenas um instrumento de previsão, para tornar-se, também, uma técnica de apoio à decisão e à definição de políticas (Wright e Giovinazzo, 2000).

O questionário construído serve de base a pesquisa, na qual, por via eletrônica, se tentará chegar a consensos pela utilização do método Delphi (vide métodos).

Objetivos

Objetivo Geral:

Revisar aspectos conceituais e preparar questionário a ser utilizado para análise de posições, ideias e conhecimentos de diferentes grupos da sociedade brasileira sobre nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos no Brasil.

Objetivos Específicos:

Revisar, sucintamente, aspectos relacionados a nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos, que auxiliem na confecção do questionário.

Construir questionário para verificar posições, ideias e conhecimentos de representantes de diferentes grupos da sociedade brasileira, tais como pesquisadores, produtores, controladores, consumidores, pessoas vinculadas a órgãos de fomento à pesquisa e produção, e outros, sobre nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos no Brasil.

Métodos

Revisão da Literatura

A revisão da literatura priorizou a construção do questionário, sendo utilizados estudos de revisão, encontrados na base da Biblioteca Regional de Medicina (Bireme). O descritor *nanotecnologia* foi utilizado em conexão com termos como: aplicações, riscos, saúde, meio ambiente, trabalhadores, alimentos, agricultura, agrotóxicos e outras. Foram consultadas, também, páginas de organizações governamentais e não governamentais voltadas para estudos e discussões sobre nanotecnologias, além da legislação brasileira de alimentos e a base de patentes do INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. E qualquer modo, a ideia não era ser extensivo, mas poder reforçar, com informação adequada, os pressupostos advindos de entrevistas prévias, realizadas no projeto maior, do qual este é parte.

Confecção do Questionário para Aplicação a Formuladores de Opinião, com uso do Método Delphi

A proposta foi a confecção de questionário para uso na pesquisa “Nanoalimentos e Nanotecnologias Aplicadas a Alimentos: riscos à saúde, ao ambiente e necessidades regulatórias”, sob coordenação do orientador, com uso do Método Delphi. A ideia é chegar-se a consensos relativos (chega-se ao consenso possível, respeitando-se as individualidades), mediante a aplicação de questionários sequenciais entre atores selecionados a partir do agrupamento e análise das informações colhidas de entrevistas semiestruturadas e que, reforçadas e em associação às informações obtidas através da revisão, serviram de base para a estruturação do questionário. São enviadas perguntas,

com opções de respostas em múltipla escolha, numa primeira rodada. Para as demais, presumindo-se que serão necessárias duas a três rodadas para a chegada a possíveis consensos intracategóricos e intragrupos, são mostradas aos respondentes as suas respostas e os percentuais de opções de todos os respondentes, arguindo a cada um se mudaria de opção em função do coletivo, ou manteria a posição inicial.

Foram elaboradas cinco questões sobre pesquisa e produção, benefícios e riscos, legislação regulatória e conhecimento de consumidores e trabalhadores, cada uma com cinco opções, para a escolha de apenas uma.

As questões foram convertidas em programa eletrônico, procurando-se elaborar um instrumento contendo apenas as informações relevantes para os objetivos da pesquisa, o questionário e um espaço para comentários que os participantes considerarem pertinentes, de forma a ser acessado com facilidade e respondido em curto espaço de tempo.

Procurou-se buscar uma distribuição equilibrada entre os elementos participantes do painel, garantindo a heterogeneidade do grupo e, por conseguinte, respostas mais consistentes. Deste modo, foram selecionados, por conveniência, 108 respondentes, sendo 12 de cada uma das seguintes categorias: 1) produção; 2) controle; 3) consumo; 4) pesquisa; 5) fomento à pesquisa; 6) regulação; 7) trabalhadores; 8) entidades não governamentais e 9) legisladores. Na seleção dos respondentes, foi considerada a proximidade profissional, mesmo indireta, com as áreas de alimentos e/ou ambiente e saúde e/ou nanotecnologias. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido está presente no endereço eletrônico e o respondente só pode ter acesso às perguntas se concordar com seus termos.

Referências

ACTU – Australian Council of Trade Unions [homepage]. Austrália. c2009 [Acessado em 13 abr. 2011]. Nanotechnology – why unions are concern. Disponível em: http://www.actu.org.au/Images/Dynamic/attachments/6494/actu_factsheet_ohs-nanotech_090409.pdf.

Arnaiz MG. Pensando sobre el riesgo alimentario y su aceptabilidad: el caso de los alimentos transgênicos. Rev. Nutr. 2004 jun., 17(2):125-149. (Espanhol)

Berger Filho AG. Nanotecnologia e o Princípio da Precaução na Sociedade de Risco. Âmbito Jurídico [internet]. 2010 jan [acesso em 22 mai. 2011]. Rio Grande do Sul. 72. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7084.

Bouwmeester H; Dekkers S; Noordam MY; Hagens WI; Bulder AS; Heer C; Voorde S E; Wijnhoven SW; Marvin HJ; Sips AJ. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2009; 53:52-62. (Inglês)

Brasil. CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Edital CNPq Nano nº 01/2001. Disponível em: <http://memoria.cnpq.br/servicos/editais/ce/nanociencia.htm>. Acessado em 05 abr. 2011.

Brasil. CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Edital 74/2011. Disponível em: <http://www.cnpq.br/editais/ct/encerrados.htm>. Acessado em 05 abr. 2011.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Edital MCT/CNPq 29/2005. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/307690.html>. Acessado em 05 abr. 2011.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Programa Nacional de Nanotecnologia. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27137.html>. Acessado em 05 abr. 2011.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Inovação – O que é. Disponível em:
<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=3&menu=2468>. Acessado em 05 abr. 2011.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 175 de 08/07/2003. Aprova o Regulamento Técnico de Avaliação de Matérias Macroscópicas e Microscópicas Prejudiciais à Saúde Humana em Alimentos Embalados.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 284 de 15/03/2010. Institui Grupo de Trabalho no âmbito da ANVISA com o objetivo de elaborar proposta de revisão da Resolução RDC nº 175 de 08 de julho de 2003, que aprova o Regulamento Técnico de Avaliação de Matérias Macroscópicas e Microscópicas Prejudiciais à Saúde Humana em Alimentos Embalados.

Brasil. Presidência da República. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

Brasil. Presidência da República. Decreto Lei nº 986 de 21 de outubro de 1969. Institui normas básicas sobre alimentos.

Brasil. Presidência da República. Decreto nº 1.752 de 20 de dezembro de 1995. Regulamenta a Lei 8.974 de 05/01/1995, revogada pela Lei 11.105 de 2005.

Brasil. Presidência da República. Decreto nº 4.680 de 24/04.2003. Regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei 8.078/90 – Código de Defesa do Consumidor, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados, sem prejuízo das demais normas aplicáveis.

Brasil. Presidência da República. Lei 11.105 de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente

modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB...

Brasil. Presidência da República. Lei 8.078 de 11/11/1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências.

Brasil. Presidência da República. Lei 8.080 de 19/09/1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências.

Brasil. Presidência da República. Lei 9.782 de 26/01/1999. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária e dá outras providências.

Braydich-Stolle L, Hussain S, Schlager J, Hofmann M. 2005. In Vitro Citotoxicity of Nanoparticles in Mammalian Germline stem cells. *Toxicol Sci* 88(2):412-19. (Inglês)

Brunner T, Piusmanser P, Spohn P, Grass R, Limbach L, Bruinink a, Stark W. In Vitro Citotoxicity of Oxide Nanoparticles: Comparison to Asbestos, Silica, and the Effect of Particle Solubility. *Environ Sci Technol* 40(2006):4374-81. (Inglês)

Cacciatore MA, Scheufele DA, Corley EA. From enabling technology to applications: The evolution of risk perceptions about nanotechnology [internet]. *Public Understanding of Science OnlineFirst*. c2009. [Acessado em mai. 2011]. Disponível em: <http://pus.sagepub.com/content/20/3/385.full.pdf+html>.

Carvalho JL, Dias PD, Oliveira AT, Amorim E. Orientação Para Rotulagem de Alimentos. 1ª Revisão. São Paulo: 2006. Disponível em: http://www.abima.com.br/arquivos/svc_manual_rotulagem.pdf. Acessado em jan. 2011.

Chau CF; Wu SH; Yen GC. The development of regulations for food nanotechnology. *Trends in Food Science & Technology*. 18(2007):269-80. (Inglês)

Chen M, Von Mikecs A. Formation of nucleoplasmic protein aggregates impairs nuclear function in response to SiO₂ nanoparticles. *Experiments Cell Res* 305(2005):51-62. (Inglês)

Corley EA, Scheufele AD, Hu Q. Of risks and regulations: how leading U. S. nanoscientists form policy stances about nanotechnology. *J. Nanopart Res* 11(2009):1573-1585.

Cruz MR, Cornelli G. Teorias científicas ou ciência mítica? Reflexões sobre a ética na ciência a partir da filosofia de Feyerabend. *Rev Redebioética/UNESCO*, Ano 1, 2(2010): 85-98.

DIEESE – Departamento Intersindical de Estudos Socioeconômicos. Nota Técnica – Nanotecnologia: conhecer para enfrentar os desafios [internet]. c2007. [Acessado em 08 mai. 2011]. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/assinante/download.do?arquivo=notatecnica/nanotec76nanotecnologia.pdf>.

Donaldson K, Beswich P, Gilmour P. 1996. Free radical activity associated with the surface of particles: a unifying factor in determining biological activity? *Toxicol Lett* 88:293-298. (Inglês)

Dunford R, Salinaro A, Cai I, Serpone N, Horikoski S, Hidaka H, Knowland J. Chemical Oxidation and DNA damage catalysed by inorganic suscreen ingredients. *FEBS Lett* 418 (2007):87-90. (Inglês)

ETCGroup. A Invasão Invisível do Campo: O Impacto das Nanotecnologias na Alimentação e na Agricultura [internet]. c2004 [Acessado em 20 nov. 2010]. Pedroso JF, tradutor; Guazzelli MJ, ver. Técnica. Disponível em: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/531/02/ivasaoformateada.pdf>.

ETCGroup. Manual de Bolso das Tecnologias em Nanoescala e a Teoria do “Little Bang” [internet]. c2005. [Acessado em 25 mai. 2011]. Disponível em: http://www.etcgroup.org/upload/publication/57/01/tinyp_portuguesfinal.pdf.

ETCGroup. The Big Downturn? Nanogeopolitics [internet]. c2010. [Acessado em 25 mai. 2011]. Disponível em:

http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/nano_big4web.pdf

ETUC – European Trade Union Confederation. ETUC 2nd resolution on nanotechnologies and nanomaterials [internet]. c2010. [Acessado em 20 mai. 2011]. Disponível em: http://www.etuc.org/IMG/pdf/13-GB_final_nanotechnologies_and_nanomaterial.pdf.

Foladori G, Invernizzi N. Os trabalhadores da alimentação e da agricultura questionam as nanotecnologias [internet]. c2007. [Acessado em 20 set. 2010]. Disponível em: www.iiep.org.br/page027v.html.

Guazzelli M J, Perez J, organizadora. Nanotecnologia: A manipulação do invisível. RS: Centro Ecológico; 2009. 44p.

García M, Forbe T, Gonzales E. Potenciais aplicações da nanotecnologia no setor agroalimentar. Ciênc. Tec. Alimentos. Jul./set. 2010. 30(3):573-81.

Ho SS, Acheufele DA, Corley EA. Making sense of policy choices: understanding the roles of value predispositions, mass media and cognitive processing in public attitudes toward nanotechnology. J. Nanoport Res (2010) 12:2703-15. (Inglês)

Hussain S, Hess K, Gearhart J, Geiss K, Schlager J. In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells. 2005. Toxicol in Vitro 19:975-83. (Inglês)

INPI/Instituto Nacional da Propriedade Industrial [homepage]. Acessado em 15 jan. 2011. Disponível em: <http://inpi.gov.br/menu-esquerdo/instituto>.

INPI/Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Classificação Internacional de Patentes [homepage]. Acessado em 18 jan. 2011. Disponível em: www6.inpi.gov.br/patentes/classificacao/classificacao.htm.

INPI/Instituto Nacional da Propriedade Industrial [homepage]. Convenção de Paris. Acessado em 25 jan. 2011. Disponível em:
www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/patente/pasta_legislacao/convencao_paris_html.

INPI/Instituto Nacional da Propriedade Industrial [homepage]. Pesquisa de Patentes. Acessado em 28 jan. 2011. Disponível em:
<http://pesquisa.inpi.gov.br/MarcaPatente/jsp/serving/serving.jsp?BasePesquisa=Patentes>

Joseph T, Morrison M. Nanotechnology in Agriculture and Food. Nanoforum Report. [internet]. c2006. [Acessado em 03 ago. 2009]. Disponível em:
<http://www.nanoforum.org/datein/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?20032007152346>

Kato M; Garcia EG; Filho VW. Exposição a agentes químicos e a Saúde do Trabalhador. Rev. Bras. Saúde Ocup. São Paulo; 2007. 32(116): 06-10.

Long T, Saleh N, Tilton R, Lowry G, Beronesi B. 2006. Titanium dioxide (P25) produces reactive oxygen species in immortalized brain microglia (BV2): Implications for nanoparticle neurotoxicity. Environ Sci Technol. 40(14):4346-52. (Inglês)

Malavota L. Introdução à Propriedade Intelectual. COPEPI/DART/INPI. [internet]. c2008. [Acessado em 10 jan. 2011]. Disponível em:
www.secitec.mt.gov.br/TNX/storage/webdisco/2009/01/08/outros/9a1ef65a108cd56be37b837ebf397b7b.pdf

Mattoso LH. Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio. Projeto em Rede [internet]. C2006. [Acessado em 28 abr. 2011]. Disponível em:
http://redeagronano.cnptia.embrapa.br/redeagronano_projeto.pdf

NIOSH –The National Institute for Occupational Safety and Health. Approaches to Safe Nanotechnology [internet]. c2009. [Acessado em 10 mar. 2011]. Disponível em:
<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf>.

NNI – National Nanotechnology Initiative [homepage]. Acessado em 20 abr. 2011.
Disponível em <http://www.nano.gov/nanotech-101>

Nodari RO, Guerra MP. Plantas Transgênicas e seus Produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). Rev. Nutr. Jan. 2003. 16(1): 105-16.

Nunes JS, Rohen-Santos P. Pedidos de Patentes sobre Nanotecnologia Publicados no 2º Semestre de 2009. Alerta Tecnológico nº 20. INPI/DART/CEDIN/DIESPRO. Fev.2010.

Oliveira JA, Epstein I. Tempo, Ciência e Consenso: os diferentes tempos que envolvem a pesquisa científica, a decisão política e a opinião pública. Interface Comunicação Saúde e Educação. abr./jun. 2009; 13(29): 423-33.

ORIT – Organização Regional Interamericana de Trabalhadores. Princípios para a Fiscalização de Nanotecnologias e Nanomateriais [internet]. c2007. [Acessado em 25 mai. 2011]. Disponível em: <http://iiep.org.br/fundacentro/principles.pdf>.

Ostrowski AD; Martin T; Conti J; Hurt I; Harthorn BH. Nanotechnology: Characterizing the Scientific Literature, 2000-2007. J Nanopart Res. 2009. 11: 251-257.

Pallone S; Jorge W. Brasil aposta na nanociência e nanotecnologia. Entrevista [internet] c2009. [Acessado em 20 ago. 2010]. Disponível em:
<http://inovacao.scielo.br/pdf/inov/v2n1/a02v2n1.pdf>.

Porto MF. Uma Ecologia Política dos Riscos: princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ. 2007. 248p.

Quaresma A. Nanotecnologias: Zênite ou Nadir? Rio de Janeiro: Escriba. 2010. 197p.

Quina FH. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. Quim. Nova. Dec. 2004. 27(6): 1028-29.

Santos BS. Pela Mão de Alice – O social e o político na pós-modernidade, 13ª ed. São Paulo: Cortez, 2010. 248p.

Sayes C, Wahi R, Kurian P, Liu Y, West J, Ausman K, Warheit D, Colvin V. Correlating nanoscale titania structure with toxicity: A cytotoxicity and inflammatory response study with dermal fibroblasts and human lung epithelial cells. *Toxicol Sci.* 2006. 92(1):174-185. (Inglês)

Schulte PA, Salamanca-Buentello F. Ethical and Scientific Issues of Nanotechnology in the Workplace. *Ciência e Saúde Coletiva.* 2007. 12(5): 1319-32. (Inglês)

Shakespeare T. Democratizando a ciência? Júris de cidadãos e outras metodologias deliberativas. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos.* Buys B, tradutor. mai./ago. 2005. 12: 483-7.

Scheufele DA, Corley EA, Dunwoody S, Shih T-J, Hillback E, Guston DH. Scientists worry about some risks more than the public. *Nature Nanotechnology* [internet]. 4. c2007. [Acessado em 20 mai. 2007]. Disponível em: www.nature.com/naturenanotechnology. (Inglês)

Scheufele DA, Corley EA, Shih T-J, Dalrymple KE, Ho SS. Religious beliefs and public attitudes toward nanotechnology in Europe and the United States. *Nature Nanotechnology* [internet]. 4. c2009. [acessado em 20 mai. 2007]. Disponível em: www.nature.com/nanotechnology. (Inglês)

Silva CG. O que é nanotecnologia [internet]. c2002. [Acessado em 18 jan. 2010]. Disponível em: www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/.

Terra de Direitos. Transgênicos no Brasil: o quadro acelerado de liberação de OGMs no Brasil, o controle na cadeia agroalimentar e a sistemática violação ao princípio da precaução [internet]. c2011. [Acessado em 15 mai. 2010]. Disponível em: <http://terradedireitos.org.br/wp-content/uploads/2011/04/Transg%C3%AAnicos-no-BRASIL-INTERNET.pdf>.

Wang B, Feng W-Y, Wang T-C, Jia G, Wang M, Shi J-W, Zhang F, Zhao Y-L, Chai Z-F. 2006. Acute toxicity of nano and micro-scale zinc powder in health adult mice. *Toxicol Lett.* 2006. 161:115-23.

Wang B, Feng w, Wang M, Wang T, Gu Y, Zhu M, Ouyang H, Shi J, Zhang F, Zhao Y, Chai Z, Wang H, Wang J. Acute toxicological Impact of nano and submicro-scaled zinc oxide powder on healthy adult mice. *J Nanopart Res.* 2007a. 10(2):263-76.

Wang J, Zhou G, Chen C, Yu H, Wang t, Ma Y, Jia G, Gai Y, Li B, Sun J, Li Y, Jiao F, Zhano Y, Chai Z. Acute toxicity and biodistribution of different sized titanium dioxide particles in mice after oral administration. *Toxicol Lett.* 2007b. 168(2):176-85. (Inglês)

Wright JT, Giovinazzo R. Delphi – Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração.* São Paulo, 2000. (1)12.

Young SB. Nanotechnology. It's What's For Dinner! [internet]. c2011. [Acessado em 02 abr. 2011]. Disponível em: http://nanotech-now.com/news.cgi?story_id=41580.

ARTIGO

Nanoalimentos e Nanotecnologias Aplicadas a Alimentos: Riscos potenciais, necessidades regulatórias e proposta de instrumento para verificar opiniões sobre riscos potenciais à saúde e ao ambiente

Nanofoods and Nanotechnology Applied to Food: Potential risks, regulatory requirements and propose of a tool to check opinions on potential risks to health and environment

Rosa Maria da Silva Barros¹
William Waissmann¹

Resumo

Este artigo teve como objetivos: 1) efetuar uma revisão sucinta dos aspectos relacionados à aplicação das nanotecnologias na produção de alimentos, seus riscos para a saúde humana e o ambiente e necessidades regulatórias; 2) construção de um questionário para, com a utilização do método Delphi, verificar posições, idéias e conhecimentos de diferentes grupos da sociedade brasileira sobre nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos no Brasil. A metodologia se constituiu: 1) no estudo de literatura sobre o tema, enfatizando a importância da opinião pública para a condução de um debate sobre os seus marcos regulatórios; 2) na construção do questionário, cujas questões foram convertidas em programa eletrônico. O artigo demonstra, de forma detalhada, a elaboração do questionário, a seleção dos participantes e a forma como será utilizado.

Palavras-chave: Alimentos, Nanotecnologia, Trabalho, Riscos Ambientais, Saúde Pública, Opinião Pública.

Abstract

This article aims: 1) to make a brief review of aspects related to the application of nanotechnologies in food production, risks to human health and the environment and regulatory requirements; 2) the construction of a questionnaire to, using the Delphi method, to check positions, ideas and knowledge of different groups in Brazilian society about nanofoods and nanotechnology applied to food in Brazil. The methodology was composed of: 1) a study on the subject, emphasizing the importance of public opinion to conduct a debate on their regulatory frameworks. The article shows, in detail, the preparation of the questionnaire, the selection of participants and how will be applied.

Keywords: Food, Nanotechnology, Labor, Environmental Hazards, Public Health, Public Opinion.

¹ Fundação Oswaldo Cruz – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca

Introdução

A nanotecnologia foi definida, em seu início, como uma tecnologia capaz de permitir a manipulação da matéria, átomo a átomo, graças à invenção, em 1981, do microscópio de tunelamento, que permite deslocar átomos, possibilitando a criação de máquinas minúsculas com a mesma capacidade de grandes máquinas, preservando os recursos materiais. Ao longo do tempo, transformou-se em “nanotecnologias”, referindo-se a todas as técnicas que permitem fabricar “objetos pequenos” com precisão da ordem do nanômetro (a bilionésima parte do metro) (JOACHIM e PLÉVERT, 2009).

Entre as inúmeras vantagens atribuídas às nanotecnologias, pode-se citar a promoção do equilíbrio ambiental e a agregação de valor às cadeias produtivas de alimentos, pela substituição de produtos não degradáveis derivados do petróleo por nanocompósitos, nanofibras, filmes biodegradáveis e partículas de liberação controlada de nutrientes e agrotóxicos (MATTOSONO, 2005) e os avanços na medicina, como a possibilidade de facilitar a investigação, melhorar os estudos moleculares com imagens, detectar precocemente, prevenir e tratar o câncer (NATIONAL CANCER INSTITUTE, 2008). No entanto, diversos estudos têm alertado para os seus potenciais impactos na saúde e no ambiente. Um material em nanoescala possui área de superfície muito maior do que o mesmo material em tamanho normal, afetando a reatividade e, devido às condições ambientais, nanomateriais liberados no ambiente podem sofrer transformações, contaminando o solo, o ar e a água (NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE, 2011), podendo ainda se acumular ao longo da cadeia alimentar (QUINA, 2004). Trabalhadores que manuseiam, fabricam, empacotam ou transportam mercadorias, alimentos ou insumos contendo nanomateriais estão mais expostos e, conseqüentemente, correm mais riscos (GUAZZELI e PEREZ, 2009). As

características de superfície, durabilidade, composição química e outros fatores físico-químicos tornam os nanomateriais uma fonte de exposição dos trabalhadores por inalação e através da pele. Assim, nanotubos de carbono têm o potencial de provocar fibrose e outros problemas pulmonares após exposição; partículas e materiais na escala nano podem ser deslocados, sem passar pelo sangue, para o cérebro, através do nervo olfativo e podem induzir trombose vascular pela ativação de plaquetas e fatores quimiotáticos (SCHULTE e SALAMANCA-BUENTELLO, 2007). Segundo o National Institute for Occupational Safety and Health, dos Estados Unidos (2009):

Trabalhar na geração de nanomateriais em sistemas não fechados; manipular pó de nanomaterial na pesagem, mistura ou pulverização; manutenção em equipamentos e processos utilizados para produzir nanomateriais; limpeza de vazamentos e resíduos que contenham nanomateriais; limpeza de sistemas de coleta de pó usados para capturar nanomateriais e serviços de usinagem, lixamento, perfuração ou outros mecanismos de ruptura de nanomateriais são tarefas que oferecem maior risco de exposição aos trabalhadores.

O termo nanoalimento (“nanofood”) “descreve alimentos que foram cultivados, produzidos, processados ou embalados utilizando-se técnicas ou instrumentos nanotecnológicos, ou para os quais nanomateriais manufaturados tenham sido adicionados” (JOSEPH e MORRISON, 2006). As nanotecnologias podem ser aplicadas em todas as fases da produção de alimentos, desde a purificação da água e limpeza do solo, até o tratamento de embalagens para aumentar o tempo de conservação dos produtos, mantê-los frescos e evitar a deterioração. Alimentos funcionais podem conter nanomateriais como aditivos ou suplementos, com um sistema de liberação programada, destinado a aumentar a eficácia de compostos bioativos, como peptídeos, carboidratos

ou lipídeos. É possível que o descarte de embalagens contendo nanomateriais venha a intervir no meio ambiente, sendo importante que se conheça o ciclo de vida destes produtos (BOUWMEESTER et al., 2009). Young (2010) alerta que:

Materiais como o dióxido de titânio, que é um branqueador, e sílica têm sido utilizados em alimentos na forma de partículas em microescala, ao longo de décadas, sem evidências de efeitos nocivos; no entanto, em nanoescala, estes mesmos materiais têm as suas propriedades totalmente alteradas, podendo se tornar tóxicos e mesmo causar danos ao DNA e câncer.

Diversos produtos alimentícios e de nutrição contendo aditivos em escala nanoscópica já estão disponíveis comercialmente e alguns agrotóxicos formulados em escala nanométrica estão sendo liberados no meio ambiente, sem rotulagem e sem regulamentação específica (ETC GROUP, 2004), o que leva a se deduzir que os consumidores podem estar ingerindo nanoalimentos, sem saber.

O estabelecimento de critérios regulatórios para as nanotecnologias exige que sejam considerados diversos fatores, como o tamanho das partículas, o processo, as propriedades físico-químicas, a segurança e os riscos. As suas diversas aplicações envolvem várias agências regulatórias e, ainda, se e quando deve ser regulado o processo ou o produto (CHAU; WU, YEN, 2007). A discussão sobre os limites sociais e a regulação jurídica, segundo Berger filho (2010), envolve o estudo de diferentes disciplinas e valores, que norteiam a produção legislativa, as políticas públicas e as decisões judiciais. O autor reconhece “a dificuldade para se regulamentar algo desconhecido pela sociedade e pelos juristas”. No entanto, adverte:

Pouca discussão traz um risco maior à decisão de criar normas possivelmente sem efetividade, ou que imponham restrições excessivamente burocráticas ao desenvolvimento das nanotecnologias, ou que sirvam apenas como norma de efeito simbólico, para encobrir e legitimar o seu uso irresponsável. Entretanto, a regulamentação não deve ficar a cargo apenas de especialistas e cientistas. É importante assegurar o acesso à informação, a transparência e a participação pública na tomada de decisões.

A falta de legislação específica sobre as nanotecnologias tem levado diversas entidades representativas da sociedade e dos trabalhadores de várias partes do mundo a reivindicarem a adoção do *Princípio da Precaução* e a participação pública efetiva nas tomadas de decisões a seu respeito, entre outras questões (ORIT, 2007; DIEESE, 2008; ACTU, 2009; ETUC, 2010; ETC GROUP, 2010). O *Princípio da Precaução* anuncia que medidas devem ser tomadas para se evitar ou reduzir dano moralmente inaceitável (danos a humanos e ao ambiente que possam representar ameaça à vida ou à saúde humana ou injustos às gerações futuras), mas cientificamente plausível, mesmo que incerto (UNESCO, 2005). Sem entrar no debate, em si, da aplicação do Princípio, parece não haver dúvida, porém, sobre a importância de um amplo debate sobre os marcos regulatórios das nanotecnologias entre os diversos atores sociais, entre eles, o Estado, Centrais Sindicais, movimentos populares e entidades patronais (DIEESE, 2010), conforme mencionado por Oliveira e Epstein (2009) que, como exemplo da importância do consenso público e da sabedoria coletiva, lembram que “a permissão legal para a realização de pesquisas ligadas à biotecnologia envolveu discussão pública, técnica, política, jurídica, religiosa e científica que, em geral, não ocorre em curto espaço de tempo”, destacando, ainda, que “o grande público, ou uma parcela especializada deste,

não pode deixar de ser ouvida sobre os interesses, riscos e escolhas que orientam a atividade científica” (idem), corroborando a democratização da ciência preconizada por Shakespeare (2005), para quem:

A ciência em si, como uma busca e um processo, deve ser livre, mas a sociedade deve traçar os limites da aplicação científica, pois todos nós somos afetados pela ciência, na medida em que somos consumidores de alimentos e de medicamentos, recebemos diagnósticos e passamos por tratamentos e pesquisas médicas.

Considerando a falta de regulação das nanotecnologias e a necessidade de um amplo debate que possibilite um consenso coletivo sobre os marcos regulatórios, este estudo propõe, como um passo inicial, a elaboração de um questionário para uso em uma pesquisa utilizando o método Delphi, com o propósito de estudar as posições, ideias e conhecimentos de representantes de diferentes grupos da sociedade brasileira, tais como pesquisadores, produtores, controladores, consumidores, pessoas vinculadas a órgãos de fomento à pesquisa e produção, entre outros, sobre nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos no Brasil.

O Método Delphi, na sua formulação original, é uma técnica para a busca do consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros, destinado a planejamento em situações de carência de dados históricos ou quando se pretende estimular a criação de novas ideias. Este conceito tradicional foi ampliado, incorporando a busca de ideias e estratégias para a proposição de políticas organizacionais gerais, deixando de caracterizar apenas um instrumento de previsão, para tornar-se, também, uma técnica de apoio à decisão e à definição de políticas

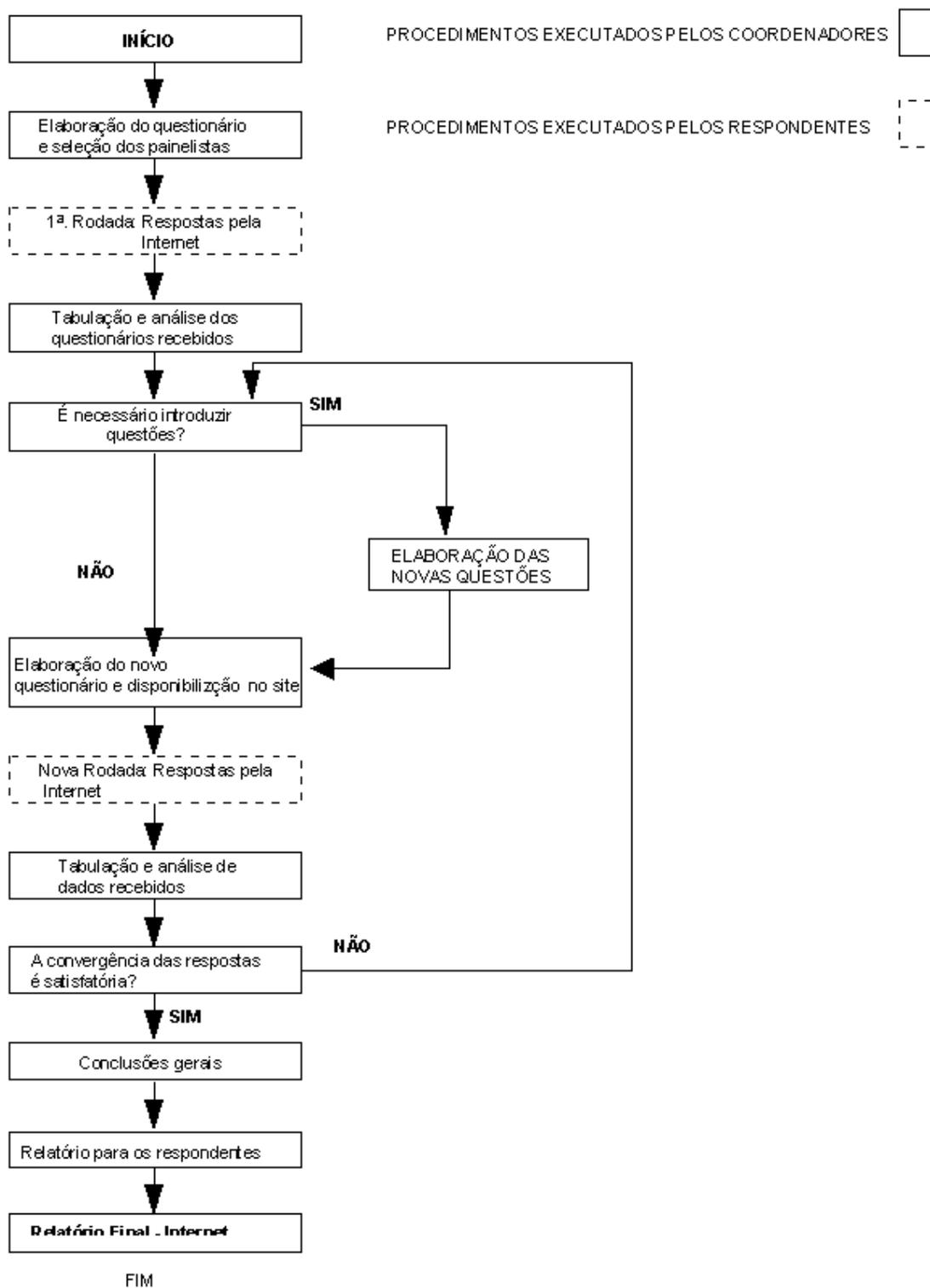
(WRIGHT e GIOVINAZZO, 2000). As suas principais características, segundo Wright e Giovinazzo (idem) são:

A técnica baseia-se no uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas, pressupondo-se que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente, é melhor que a opinião de um só indivíduo; é bastante simples, pois trata-se de um questionário interativo, que circula repetidas vezes por um grupo; O anonimato das respostas e o fato de não haver uma reunião física reduzem a influência de fatores psicológicos como, por exemplo, os efeitos da capacidade de persuasão, a relutância em abandonar posições assumidas e a dominância de grupos majoritários em relação a opiniões minoritárias.

O método Delphi consiste na consulta a um grupo ou a grupos de especialistas por meio de um questionário, repassado algumas vezes (figura 1), até se conseguir uma convergência nas respostas, estabelecendo-se um consenso que representa a consolidação do julgamento do grupo como um todo (WRIGHT e GIOVINAZZO, 2000).

Pretende-se que o consenso entre as ideias, conhecimentos e posições dos atores-chave que compõem os grupos da sociedade brasileira selecionados, obtido a partir da pesquisa proposta, constitua um passo inicial para o estabelecimento de um amplo debate sobre os marcos regulatórios das nanotecnologias aplicadas a alimentos no Brasil, conforme os propósitos de projeto mais amplo, do qual faz parte.

Figura 1: Sequência de Execução de uma Pesquisa Delphi



Fonte: Giovinazzo, 2001.

Métodos

Revisão da Literatura

A revisão da literatura priorizou a construção do questionário, sendo utilizados tanto estudos de revisão, buscando-se na base da Biblioteca Regional de Medicina (Bireme), como páginas de organizações governamentais e não governamentais voltadas para estudos e discussões sobre nanotecnologias, especialmente na área de alimentos. A intenção não foi esgotar o tema, mas reforçar os dados obtidos de entrevistas realizadas, previamente. O descritor nanotecnologia foi utilizado, combinado a termos como: aplicações, riscos, saúde, meio ambiente, trabalhadores, alimentos, agricultura, agrotóxicos e outras.

Confecção do Questionário Para Aplicação a Formuladores de Opinião com Uso de Método Delphi

A proposta aqui apresentada foi a confecção de questionário para uso em pesquisa de maior porte, voltada a nanoalimentos e nanotecnologias, com uso do método Delphi. A ideia é chegar-se a consensos relativos (chega-se a consensos possíveis, respeitando-se as individualidades), mediante a aplicação de questionários entre atores selecionados, a partir do agrupamento e análise das informações colhidas de entrevistas semiestruturadas, reforçadas e revistas pelos dados coletados da revisão. São enviadas perguntas, com opções de respostas em múltipla escolha, numa primeira rodada. Para as demais, presumindo-se que serão necessárias duas a três rodadas para a chegada a possíveis consensos intracategóricos e intragrupos, são mostrados aos

respondentes as suas respostas e os percentuais de opções de todos os respondentes, arguindo a cada um se mudaria de opção em função do coletivo, ou manteria a posição inicial.

Foram elaboradas cinco questões sobre: pesquisa e produção; benefícios e riscos; legislação regulatória e conhecimento de consumidores e trabalhadores, cada uma com cinco opções, para a escolha de apenas uma. As questões foram convertidas em programa eletrônico, procurando-se elaborar um instrumento contendo apenas as informações relevantes para os objetivos da pesquisa, o questionário e um espaço para comentários que o participante considerar pertinente, de forma a ser acessado com facilidade e respondido em curto espaço de tempo.

Procurou-se buscar uma distribuição equilibrada entre os elementos participantes do painel, garantindo a heterogeneidade do grupo e, por conseguinte, respostas mais consistentes. Deste modo, foram selecionados, por conveniência, 108 respondentes, sendo 12 de cada uma das seguintes categorias: 1) produção; 2) controle; 3) consumo; 4) pesquisa; 5) fomento à pesquisa; 6) regulação; 7) trabalhadores; 8) entidades não governamentais e 9) legisladores. Na seleção dos respondentes, foi considerada a proximidade profissional, mesmo que indireta, com as áreas de alimentos e/ou ambiente e saúde e/ou nanotecnologias. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido está presente no endereço eletrônico e o respondente só pode ter acesso às perguntas se concordar com seus termos.

A importância da utilização do Método Delphi para se chegar a um consenso entre as opiniões dos grupos selecionados sobre as aplicações de nanotecnologias na produção de alimentos, seus riscos potenciais e necessidades regulatórias, pode ser resumida nas palavras abaixo:

Trata-se de um exercício coletivo de análise e comunicação para identificar os componentes prováveis de cenários futuros: as projeções tecnológicas, seus efeitos sociais e econômicos, os obstáculos e as forças que operam a favor, que vem sendo utilizado pelos Estados como uma ferramenta privilegiada para a definição das suas políticas de inovação tecnológica (CORTEZO, 1999).

Resultado

Este estudo se justifica pelo estado atual de incertezas sobre os potenciais riscos decorrentes das inúmeras aplicações possíveis da nanotecnologia, especialmente na cadeia produtiva de alimentos. Como foi aqui demonstrado, a nanotecnologia pode ser utilizada em todas as etapas da produção de alimentos e diversos nanoproductos já estão sendo comercializados e consumidos, sem qualquer regulação e sem informações ao consumidor, pois os fabricantes não são obrigados a informarem, nos rótulos, a utilização da nanotecnologia em seus produtos (ETC Group, 2004). Mostrou-se, também, que diversas entidades em todo o mundo têm recomendado a aplicação do *Princípio da Precaução*, até que sejam definidos os níveis de riscos e estabelecidas medidas de proteção à saúde e ao ambiente. No entanto, reportando-nos ao caso dos alimentos transgênicos, que foram motivo da aplicação deste princípio, questionamos a sua efetividade, tendo em vista que, em 2009, o Brasil se tornou o país com a segunda maior área plantada com transgênicos do mundo, sendo a soja a principal cultura transgênica (Terra de Direitos, 2011). Assim, torna-se urgente o estabelecimento de um amplo debate entre os atores envolvidos nas decisões sobre a regulação da

nanotecnologia e a sociedade em geral, tendo como primeiro passo uma pesquisa, utilizando o método Delphi, cujo questionário, produto e resultado deste artigo, é mostrado a seguir, em forma de anexo. Com a cooperação ativa de representantes dos grupos selecionados, será possível chegar-se a um consenso entre as suas opiniões, “em um cruzamento de experiências capaz de fortalecer os seus vínculos e inter-relações” (CORTEZO, 1999). A comunicação entre os participantes da pesquisa, que trocam informações e opiniões de forma sistemática, “estabelece as bases para uma coordenação das suas atividades científicas e tecnológicas, cria um consenso sobre as tendências futuras da pesquisa e do desenvolvimento e o compromisso dos especialistas com os resultados obtidos” (idem). Além disso, o modo de interação controlada favorece a independência e a formação gradual das opiniões, evitando a formulação apressada de noções pré-concebidas e a influência de opiniões de outras pessoas (DALKEY e HELMER, 1963).

ANEXO

Questionário

Questionário Nanoalimentos – 1ª rodada de perguntas

Conceito de nanoalimento - Para os fins desta entrevista, nanoalimento refere-se a qualquer alimento que tenha sido cultivado, produzido, processado ou embalado com o uso de nanomateriais ou de técnicas ou instrumentos nanotecnológicos, inclusive a adição de nanomateriais. Como exemplos da abrangência desta definição, menciona-se que serão nanoalimentos aqueles em que foi utilizado nanoagrotóxico no cultivo de um ingrediente ou incorporada nanoemulsão em seu preparo.

Conceito de nanotecnologia aplicada a alimentos - É o uso de nanomateriais, técnicas ou instrumentos nanotecnológicos na produção de alimentos.
Bloco de Perguntas:

1 - Tipificação do respondente

1.1 - O seu trabalho está envolvido com nanotecnologias?

- sim
- não

1.2 - Você trabalha com nanoalimentos ou nanotecnologias relacionadas a alimentos?

- sim
- não

1.3 – Em caso de resposta positiva, de que modo? Preencha o quadro, por favor (mais de uma resposta é possível):

- Produção
- Pesquisa
- Comercializa
- Importa
- Exporta
- Autoriza o uso
- Autoriza a importação
- Autoriza a exportação
- Outros

Quais? (para mais de uma opção, separe por vírgulas)

A partir da questão dois, escolha apenas uma opção de resposta

2 - Em relação ao restante do mundo, como você classifica a pesquisa e a produção em escala, no Brasil, na área de nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos?

- Posição de vanguarda internacional, quando comparada à pesquisa e produção em escala dos países desenvolvidos.
- Posição de vanguarda internacional, quando comparada à pesquisa, mas deficitária quanto à produção em escala pelos países desenvolvidos.
- Posição comparável à da maioria dos países em desenvolvimento, quanto à pesquisa e produção em escala.
- Posição comparável à da maioria dos países em desenvolvimento, quanto à pesquisa, mas deficitária quanto à produção em escala.
- Posição deficitária em relação à maioria dos países em desenvolvimento, quanto à pesquisa e produção em escala.

3 - Quanto aos benefícios e riscos do uso de nanoalimentos e nanotecnologias relacionadas a alimentos no Brasil, para você:

- Os benefícios suplantam os riscos, embora ambos necessitem de melhor conhecimento. A produção e utilização nacionais devem ser mantidas, mas condicionadas ao melhor conhecimento de benefícios e riscos.
- Os benefícios se equiparam aos riscos, mas ambos devem ser melhor conhecidos e condicionar a produção e utilização nacionais.
- Os benefícios suplantam os riscos. Ambos são suficientemente conhecidos. A produção e utilização nacionais devem ser mantidas e estimuladas.
- Os riscos suplantam os benefícios, mas não se deve interromper a produção e utilização nacionais, que devem ser condicionadas ao melhor conhecimento de ambos.
- Os riscos suplantam os benefícios e deve ser interrompida a produção e utilização nacionais até o melhor conhecimento de ambos.

4 - Quanto à suficiência, especificidade e adequação da legislação regulatória brasileira, para você:

- A legislação para regulação de nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos é suficiente, específica e adequada.

- Embora não seja específica, a legislação existente é suficiente e adequada para atender à regulação de nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos.
- Embora não seja específica, nem suficiente, a legislação existente é, ainda, adequada, provisoriamente, às necessidades de regulação de nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos.
- A legislação existente no país é inespecífica, inadequada e insuficiente para atender a regulação de nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos. Apesar disto, a regulação de nanoalimentos ou nanotecnologias aplicadas a alimentos deve ser mantida.
- A legislação existente no país é inespecífica, inadequada e insuficiente para atender a regulação de nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos. Deve ser suspensa a regulação de quaisquer nanoalimentos ou nanotecnologias aplicadas a alimentos, até a existência de legislação específica, adequada e suficiente.

5 - Quanto ao conhecimento de consumidores e trabalhadores sobre nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos.

5.1 - Para você, consumidores brasileiros têm conhecimento:

- Suficiente e adequado sobre nanoalimentos e nanotecnologias relacionadas a alimentos, incluídos riscos potenciais e legislações pertinentes.
- Suficiente e adequado sobre nanoalimentos e nanotecnologias relacionadas a alimentos, excluídos riscos potenciais e legislações pertinentes.
- Suficiente e adequado sobre nanoalimentos, mas não conhecem sobre nanotecnologias relacionadas a alimentos, nem sobre riscos potenciais e legislações pertinentes.
- Parcialmente, suficiente e adequado sobre nanoalimentos, mas não conhecem sobre nanotecnologias relacionadas a alimentos, nem sobre riscos potenciais e legislações pertinentes.
- Insuficiente e inadequado sobre nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a alimentos. Desconhecem riscos potenciais e legislações pertinentes.

5.2 - Para você, trabalhadores brasileiros:

- Que lidam com nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a nanoalimentos têm conhecimento suficiente e adequado sobre seus processos de produção, modos de proteção no trabalho, riscos e legislações relacionadas.

- Que lidam com nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a nanoalimentos têm conhecimento suficiente e adequado sobre seus processos de produção, modos de proteção no trabalho e riscos. Mas, pouco conhecem das legislações relacionadas
- Que lidam com nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a nanoalimentos têm conhecimento suficiente e adequado sobre seus processos de produção. Pouco conhecem sobre modos de proteção no trabalho, riscos e legislações relacionadas.
- Que lidam com nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a nanoalimentos têm conhecimento, parcialmente, suficiente e adequado sobre seus processos de produção. Pouco conhecem sobre modos de proteção no trabalho, riscos e legislações relacionadas.
- Que lidam com nanoalimentos e nanotecnologias aplicadas a nanoalimentos não têm conhecimento suficiente e adequado sobre seus processos de produção, modos de proteção no trabalho, riscos e legislações relacionadas.

Enviar Respostas

Referências

ACTU - AUSTRALIAN CONCIL OF TRADE UNIONS. Nanotechnology: why unions are concern. Disponível em:

http://www.actu.org.au/Images/Dynamic/attachments/6494/actu_factsheet_ohs-nanotech_090409.pdf. 2009. Acessado em abr. 2011.

BERGER FILHO, A. G. Nanotecnologia e o Princípio da Precaução na Sociedade de Risco. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, 72, 01/01/2010 [Internet]. Disponível em:

http://ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7084

Acessado em mai. 2011.

BOUWMEESTER, H; DEKKERS, S.; NOORDAM, M. Y.; HAGENS, H. W. I.; BULDER, A. S.; HEER, C.; VOORDE, S. E. C. G.; WIJNHOFEN, S. W. P.; MARVIN, H. J. P.; SIPS, A. J. A. M. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. 2008. Disponível em: www.elsevier.com/locate/yrtph. Acessado em mar. 2010.

CHAU, C. F.; WU, S. H.; YEN, G. C. The development of regulations for food nanotechnology. Trends in Food Science & Technology. 18(2007)269-280.

CORTEZO, J. R. La Prospectiva y la Política de Innovación. 1999. Disponível em: http://pee.mdic.gov.br/portalmDIC/arquivos/dwnl_1197032135.pdf. Acessado em mai. 2011.

DALKEY, N.; HELMER O. An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts. Management Science, Volume 9, Issue 3 (Apr., 1963), 458-467.

DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Nota Técnica- Nanotecnologia: conhecer para enfrentar os desafios. 2008. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/assinante/download.do?arquivo=notatecnica/notatec76Nanotecnologia.pdf>. Acessado em mai. 2011.

ETC GROUP. A Invasão Invisível do Campo: O Impacto das Nanotecnologias na Alimentação e na Agricultura. Tradução José F. Pedroso. 2004. Disponível em: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/531/02/ivasaoformateada.pdf>. Tradução: José F. Pedroso. Revisão Técnica: Maria José Guazzelli e Flávio Borghetti. Acessado em nov. 2010.

ETUC – EUROPEAN TRADE UNION CONFEDERATION. ETUC 2nd resolution on nanotechnologies and nanomaterials. 2010. Disponível em:

http://www.etuc.org/IMG/pdf/13-GB_final_nanotechnologies_and_nanomaterial.pdf. Acessado em mai./2011.

GIOVINAZZO, R. A. Administração on Line – Prática, Pesquisa, Ensino. 2001. Disponível em: http://www.fecap.br/adm_online/art22/renata.htm. Acessado em jun. 2011.

GUAZZELLI, M. J.; Perez, J. (org.). Nanotecnologia: A manipulação do invisível. RS. Centro Ecológico. CV Artes Gráficas Ltda. 2009.

JOACHIM, M., PLÉVERT, L. Nanociências: a revolução do invisível. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

JOSEPH, T.; MORRISON, M. Nanotechnology in agriculture and Food. Nanoforum Report. 2006. Disponível em: <http://www.nanoforum.org/datein/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?20032007152346> Acessado em ago. 2009.

MATTOSO, L. H. C. Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio. Projeto em Rede. Disponível em: http://redeagronano.cnptia.embrapa.br/redeagronano_projeto.pdf Acessado em: abr. 2011.

NIOSH – THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. Approaches to Safe Nanotechnology. 2009. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf>. Acessado em mar. 2011.

NATIONAL CANCER INSTITUTE. Instantânea de nanotecnología. Disponível em: <http://www.cancer.gov/espanol/cancer/nanotecnologia-instantaneas.pdf> Acessado em mai. 2011.

NNI – NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE. Disponível em <http://www.nano.gov/nanotech-101>. Acessado em abril/2011.

OLIVEIRA, J. A.; EPSTEIN, I. Tempo, Ciência e Consenso: os diferentes tempos que envolvem a pesquisa científica, a decisão política e a opinião pública. Interface Comunicação Saúde e Educação. V.13, n.29, p.423-33, abr./jun.2009.

ORIT – ORGANIZAÇÃO REGIONAL INTERAMERICANA DE TRABALHADORES. Princípios para a Fiscalização de Nanotecnologias e Nanomateriais. 2007. Disponível em: <http://iiep.org.br/fundacentro/principles.pdf>. Acessado em mai. 2011.

QUINA, F. H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. Quim. Nova 27(6): 1028-1029, ND2004Dec.

QUINA, P. A.; SALAMANCA-BUENTELLO, F. Ethical and Scientific Issues of Nanotechnology in the Workplace. Ciência e Saúde Coletiva, 12(5): 1319-1332, 2007.

SHAKESPEARE, T. Democratizando a ciência? Júris de cidadãos e outras metodologias deliberativas. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro, v.12, p. 483-7, mai.-ago. 2005.

TERRA DE DIREITOS. Transgênicos no Brasil: o quadro acelerado de liberação de OGMs no Brasil, o controle na cadeia agroalimentar e a sistemática violação ao princípio da precaução. Disponível em: <http://terradedireitos.org.br/wp-content/uploads/2011/04/Transg%C3%AAnicos-no-BRASIL-INTERNET.pdf>. 2011. Acessado em Mai. 2011.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC, AND CULTURAL ORGANIZATION. WORLD COMMISSION ON THE ETHICS OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE AND TECHNOLOGY (COMEST). The Precautionary Principle. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578e.pdf> Acessado em Mai 2011

WRIGHT J. T. C.; GIOVINAZZO. Delphi – Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 01, nº 12, 2º trim. 2000.

YOUNG, S. B. Nanotechnology. It's What's For Dinner! 2011. Disponível em: http://nanotech-now.com/news.cgi?story_id=41580. Acessado em abr. 2011.

Considerações Finais

A revisão realizada mostrou que nanoalimentos já estão sendo comercializados e consumidos, sem informações adequadas sobre as possíveis implicações à saúde dos consumidores e sem uma regulação específica, apesar dos riscos que podem representar. Da mesma forma, trabalhadores estão sendo expostos a nanopartículas sem a devida proteção e resíduos estão sendo descartados no ambiente, contaminando o solo, as águas e o ar. A necessidade de regulação das nanotecnologias é urgente e deve ser acompanhada de discussões em todas as esferas da sociedade, sendo imprescindível a participação pública, considerando-se que todos têm direito à informação sobre as possíveis implicações do uso de produtos contendo uma nova tecnologia, de modo que possam exercer o direito de escolha. Como um passo inicial para o estabelecimento deste debate, propõe-se a realização de uma pesquisa, utilizando o Método Delphi, que consiste na consulta a um grupo ou a grupos de especialistas por meio de um questionário, repassado algumas vezes, conforme demonstrado na figura 1, até se conseguir uma convergência nas respostas, estabelecendo-se um consenso que representa a consolidação do julgamento do grupo como um todo (Wright e Giovinazzo, 2000).

Para a consolidação da proposta desta dissertação, foi construído um artigo, no qual se apresenta um instrumento para verificar opiniões sobre os riscos potenciais e as necessidades regulatórias da aplicação de nanotecnologias na produção de alimentos - um questionário, que foi elaborado e apresentado em anexo. As questões foram convertidas em programa eletrônico, com cinco questões de múltipla escolha, informações relevantes para os objetivos da pesquisa e um espaço para comentários, de forma a ser acessado com facilidade e respondido com rapidez. Os participantes foram

selecionados, levando-se em consideração a proximidade profissional, mesmo que indireta, com as áreas de alimentos e/ou ambiente e saúde e/ou nanotecnologias.

Entre as vantagens deste método de pesquisa interativa, destacam-se o anonimato das respostas e o fato de não haver contato direto entre os participantes, reduzindo-se a influência de fatores como a dominância de grupos majoritários em relação a opiniões minoritárias (Wright e Giovinazzo, 2000).

Com os resultados finais da pesquisa maior, onde se situa tal questionário, espera-se contribuir para a ampliação do debate sobre os marcos regulatórios das nanotecnologias aplicadas a alimentos no Brasil, conforme proposição de tal projeto, coordenado pelo orientador da dissertação.