

Promoção



30 de julho a 03 de agosto de 2007 - Bonito - Mato Grosso do Sul

Patrocínio



Apóio

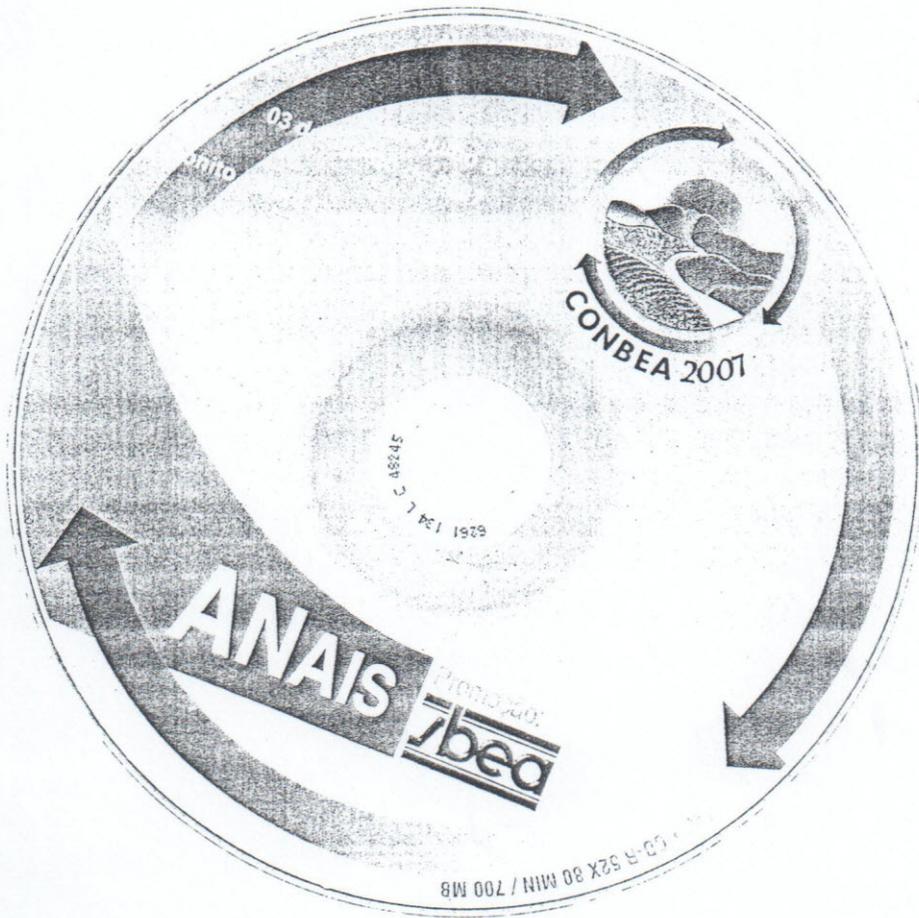


Produzido por Unius Multimídia - Suporte Técnico: carla@unius.com.br tel: 55 11 3637-3668



# ANAIIS

TEMA CENTRAL  
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA,  
REORGANIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE  
DOS ESPAÇOS PRODUTIVOS





SP-0643

## A NANOTECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO, UMA REALIDADE NA EMBRAPA

PAULO SERGIO DE PAULA HERRMANN JR.<sup>1</sup>; LUIZ HENRIQUE CAPPARELLI MATTOSO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Eletrônico, Pesquisador A, Dr, Embrapa Instrumentação Agropecuária/São Carlos – SP. E-mail: [herrmann@cnpdia.embrapa.br](mailto:herrmann@cnpdia.embrapa.br)

<sup>2</sup> Engenheiro dos Materiais, Pesquisador A, Dr, Embrapa LABEX/ARS, Albany, CA, (EUA).

Apresentado no  
XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
30 de julho a 02 de agosto de 2007 – Bonito – MS

**RESUMO:** No presente trabalho demonstra-se o potencial de aplicação da nanotecnologia (NT) em prol do agronegócio, bem como apresenta um quadro geral no âmbito mundial da importância da nanociência (NC) e NT.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanotecnologia, Aplicações, Agronegócio.

### NANOTECHNOLOGY IN THE AGRIBUSINESS, A REALITY AT EMBRAPA

**ABSTRACT:** In this work the potential of nanotechnology (NT) applied to agribusiness is showed, as well as presenting a general picture of the nanoscience (NC) and NT importance world wide.

**KEY-WORDS:** Nanotechnology, application, agribusiness,

**INTRODUÇÃO:** O prêmio Nobel de Física de 1965 proferiu uma palestra visionária, durante a reunião da “American Physical Society”, no dia 29 de dezembro de 1959, no CALTECH, no estado da Califórnia (EUA), intitulada “*There’s plenty room at the bottom*”, onde em sua apresentação mostrou que não havia razões físicas que impediam a fabricação de dispositivos nanométricos (HERRMANN et al, 2002). O termo nanotecnologia foi apresentado em 1974, pelo pesquisador Nori Taniguchi, da Universidade de Tóquio, que mostrou a distinção entre a microeletrônica e o novo campo da engenharia em escala submicrométrica (MEDEIROS et al, 2006). De acordo com “National Science Foundation (NSF) e a “National Nanotechnology Initiative (NNI)” dos EUA, a nanociência e nanotecnologia são definidas como o entendimento, o controle e a exploração de materiais e sistemas cujas estruturas e componentes exibem propriedades e fenômenos físicos, químicos e biológicos que são significativamente novos e/ou modificados devido à sua escala nanométrica (1-100nm). Dentro das investigações nessa escala de grandeza física, Universidades Públicas, Institutos de Pesquisa Governamental e alguns de seus departamentos de vários países do mundo, empregaram em torno de US\$ 4 bilhões no ano de 2005, na construção de “facilities” e no estabelecimento de linhas de P&D na área. Na outra ponta empresas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) estão gastando em NT mais do que nove vezes do que qualquer fundo de “capital-venture”. Em 2005, 1331 companhias ligadas a 76 indústrias, segundo a LUX Resarch Inc/EUA, investiram US\$ 3,2 bilhões em NT e venderam aproximadamente US\$ 32 bilhões em produtos que usavam alguma forma de NT. O CEO, da “General Electric”, Jeffrey Immelt elencou como prioridade máxima em P&D, a nanotecnologia (NT), a medicina personalizada e energia renovável (KELLER, 2006), que certamente contempla o agronegócio. Segundo artigo publicado em fevereiro de 2006 na revista “Science”, o montante que está sendo estimado para 2015, é de um mercado global para Nanotecnologia (NT) e Nanociência (NC), em torno de US\$1,0 trilhão (NEL, 2006). Até 16 de maio de 2007, o inventário de produtos ao consumidor, organizado pela “Woodrow Wilson International Center for Scholars”, já constava de **475 produtos** produzidos, ou em linhas de produção, advindos da nanotecnologia. A questão da inovação advinda da NT tem se tornado para um país cada vez mais importante, basta ver a frase cunhada pelo sociólogo Jacques P. De Brochard, que em seu livro “A Miragem do Futuro” publicado no Brasil em 1991, escreveu “Dentro de dez anos,

estaremos usando 50% de bens e serviços que hoje ainda não foram inventados”. O Prof. Alan G. MacDiarmid, (prêmio Nobel de Química de 2000) em sua apresentação na 3ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia (3º CNCT), realizada em Brasília – DF, em novembro de 2005, elencou os 10 maiores problemas, que deverão afetar a humanidade até o ano 2050, os quais são: fome (alimentos), energia, água, meio ambiente, pobreza, educação, democracia, população, doenças, terrorismo e guerras. Claramente vemos que os cinco primeiros estão diretamente relacionadas com meio-ambiente, a agricultura e agronegócio, e desta forma dependendo do avanço do conhecimento nestas áreas, onde, sem dúvida alguma a inovação advinda das áreas afins da nanotecnologia (NT) e a nanociência (NC) poderão dar uma contribuição significativa. O agronegócio brasileiro, sendo um setor pujante da economia nacional, conforme demonstram os dados da economia, onde representa 27% do PIB do País, 35% dos empregos, 5 milhões de propriedades rurais, 30 a 40% das exportações brasileiras, um saldo comercial de US\$25 bilhões, que no ano de 2004 foi considerado a maior taxa da economia brasileira (Fonte: Icone, maio de 2006). Estes dados por si só indicam um enorme potencial da nanotecnologia para o agronegócio num futuro bastante próximo e promissor. A NT e a NC nos dias atuais, por mais que possa parecer, não é apenas ficção científica, ainda mais se tratando da aplicação na pesquisa e desenvolvimento do agronegócio brasileiro.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Para contextualizar o presente trabalho utilizaram-se dados obtidos em artigos, páginas da internet os quais estão referenciados neste artigo. Pesquisas foram feitas junto ao sítio “Web of science” e “Derwent”, Copyright © 2007 The Thomson Corporation, tanto para busca de publicações indexadas, como patentes internacionais. Um software de tabulação de dados foi utilizado.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na figura 1 observa-se graficamente a evolução, no tempo, da NC e NT, das publicações anuais indexadas (onde possui no título do artigo a palavra nano\*) (Web of Science), e patentes internacionais disponibilizadas na internet (Derwent), de todas as suas áreas afins. Pelo gráfico pode-se observar um crescimento exponencial tanto em publicações (a partir de 1993, com 955 artigos em revistas indexadas) e patentes internacionais (iniciando em 1999) com 296 patentes registradas. No ano de 2006, segundo busca na ferramenta especializada, tem-se 26967 publicações internacionais em revistas indexadas e 5369 concessões de patentes internacionais.

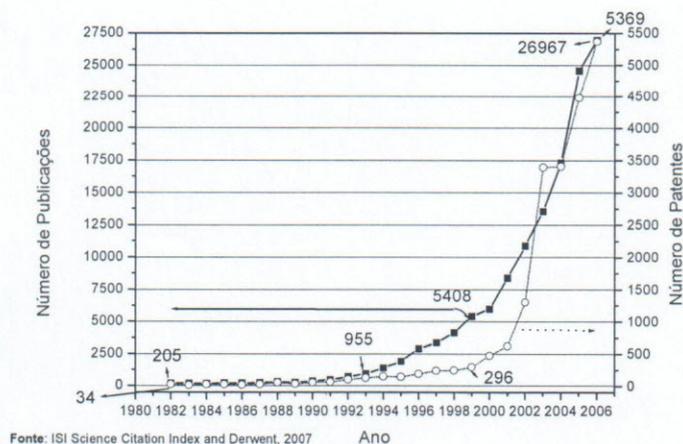


FIGURA 1. Números da produção científicas por ano, onde consta no título do trabalho publicado a palavra nano\*, e de patentes internacionais dos últimos 15 anos. A busca foi feita na base de dados “web of science” e “Derwent” da Thomson Corporation até abril de 2007.

**Nanotecnologia no Agronegócio**

Governos e indústrias de países que estão investindo em NT, no ano de 2006, despenderam juntos mais de US\$ 8,0 bilhões. O governo americano e o governo japonês são considerados os líderes na aplicação de recursos para NC e NT. Para se ter uma idéia no ano de 2004 o governo

americano investiu cerca US\$ 1,1bilhão e o japonês aproximadamente US\$950 milhões. Como um dos exemplos de formação de políticas para NC e NT tem-se que o governo americano desenvolveu um programa, denominado “National Nanotechnology Initiative (NNI)” onde são destinados recursos para P, D & I na área de NT e NC em todos os campos científicos e tecnológicos. Na alocação de recursos para os anos de 2001 a 2007, já se pode observar uma preocupação com a inserção da NT no agronegócio. Na figura 2 temos um gráfico que representa o crescimento de investimento governamental, no departamento de agricultura dos Estados Unidos, onde estão sendo alocados, para o ano de 2007, aproximadamente US\$ 7,0 milhões para dois centros de pesquisa do “United State Department of Agriculture (USDA)”, os quais são: USDA/CSREES (US\$ 4,0milhões) e USDA:Forest Service (US\$ 3,0 milhões) (ROCO, 2007).

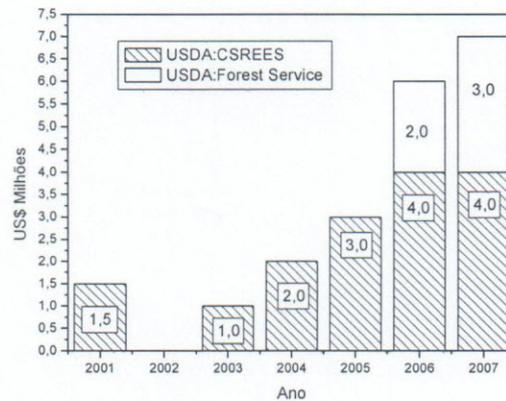


FIGURA 2. Investimentos anuais realizados junto ao Departamento de Agricultura dos EUA (USDA: CSREES e USDA: Forest Service), dentro do orçamento da união para “National Nanotechnology Initiative (NNI)”.

Apenas para se ter uma idéia do grau de inserção do setor de NT no agronegócio, temos que no ano 2000 não havia nenhum investimento dedicado para a USDA, já no ano de 2005, 1,0% do orçamento aprovado pelo governo americano, para o programa “National Nanotechnology Initiative (NNI)” contemplava o departamento de agricultura americano. A “National Science Foundation” foi a entidade que mais recebeu no ano de 2005, cerca de 31,0% dos recursos destinados ao programa NNI. A lista e a quantidade de projetos que a USDA vem realizando, no tópico de NT ligados a agroalimentos, no ano de 2006, podem ser vista na figura 3. Há 80 projetos contemplados na área de ciência e engenharia da nanoescala.

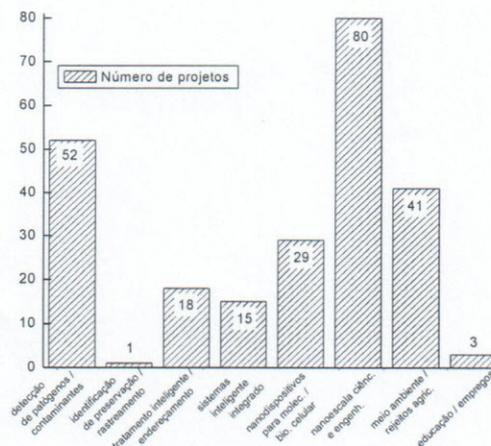


FIGURA 3. Áreas de pesquisa do USDA para projetos em NT ligados a agroalimentos (KUZMA; VERHAGE, 2006).

A indústria de alimentos, sozinha, prevê as vendas de produtos que utilizam de NT deverá chegar em 2010 a mais de US\$ 20 bilhões. Cinco das dez maiores empresas de alimentos do mundo estão investindo maciçamente na exploração do pequeno mundo (NT), para realizar grandes melhoras nas áreas de embalagem, segurança alimentar e nutrição. A figura 4 mostra uma projeção do mercado mundial da nanotecnologia de alimentos, no biênio de 2004, 2006 e 2010, elaborados pela consultoria Helmut Kaiser (HELMUT KAISER, 2006).

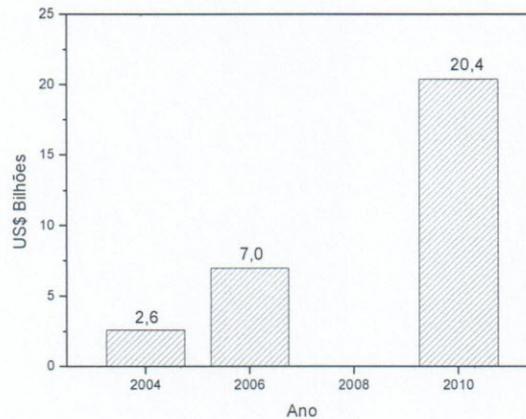


FIGURA 4. A projeção do mercado mundial da nanotecnologia de alimentos, elaborado pela consultoria Helmut Kaiser em 2004.

As pesquisas, desenvolvimento e inovação da NC e NT realizados em prol do meio ambiente vêm tendo ótimos resultados no Reino Unido. A empresa Oxonica daquele país desenvolveu um catalizador ( $\text{CeO}_2$ ) denominado “Enviroxf<sup>™</sup> Fuel Borne Catalyst”, que reduz em 15% emissões de particulados e hidrocarbonos, bem como em 6,0% monóxido de carbono. Utilizado em uma frota de 8 mil ônibus na Inglaterra, o produto é responsável atualmente pela economia de US\$ 1,9 milhões em diesel por ano (OXONICA, 2006).

Acompanhando o estado da arte em NC e NT a Embrapa já vem desenvolvendo projetos e realizando eventos há vários anos nesta área do conhecimento, dentre os quais podemos destacar: a realização do primeiro workshop em Microscopia de Varredura de Sonda (MVS), em 1997, e do primeiro simpósio latino americano de MVS, em 2001, a criação da área de nanotecnologia junto ao programa LABEX (Laboratório da Embrapa no Exterior) nos EUA, em 2005, a contratação de novos pesquisadores em 2006, para trabalhar especificamente em nanotecnologia, e a construção do Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio (LNNA), que está sendo montado na Embrapa de São Carlos, com apoio da empresa Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), órgão ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, com recursos de aproximadamente de US\$ 2,0 milhões, em dois (2) anos. Dentro dessa convergência institucional, a Embrapa aprovou a construção do prédio, onde será instalado o LNNA e a criação de uma rede nacional de pesquisa, denominada Rede Nacional de Nanotecnologia aplicada ao Agronegócio, para o desenvolvimento de projetos no tema envolvendo instituições de pesquisa e universidades de todo o país e do exterior. A soma total de investimentos feitos pela EMBRAPA, fora pessoal, para esses quatro (4) anos é de US\$ 1,5 milhão. Assim a NT no setor do agronegócio já é uma realidade, não só com a realização de eventos, montagem de laboratórios e desenvolvimento de projetos, mas também na obtenção de resultados, como por exemplo: a língua eletrônica, desenvolvida em parceria com IFSC e a Escola Politécnica da USP, que já o repasse para iniciativa privada para avaliação de café; o nariz eletrônico de baixo custo que visa auxiliar no monitoramento do amadurecimento de frutas, em parceria com outra unidade da Embrapa (Embrapa Mandioca e Fruticultura) e os filmes ultra finos, protetores comestíveis, que podem ser utilizado em embalagem e que estão sendo investigado em parceria com o IQSC-USP. O número de patentes internacionais (Fonte: Derwent, 2006) relacionando palavras-chave, nas diversas formas de nanotecnologia e nanociência, e agricultura, agronegócio e afins, subiu de 3 documentos, em 1996, para 46 em

2005, já mostrando a importância da inovação no setor. A Embrapa possui uma dessas patentes internacionais, no caso a carta patente da língua eletrônica. As aplicações na agropecuária de médio e longo prazo são inúmeras, dentre as quais podemos destacar: 1- sensores baseados em materiais nanoestruturados, denominados Nanosensores, com as seguintes aplicações: 1.1 - Detecção de Patógenos e Contaminantes; 1.2 – Sensoriamento remoto e contínuo de produtos agropecuários durante a produção; 1.3 – Detecção de amadurecimento de frutas de baixo custo; 1.4 – Avaliação de qualidade de produtos do agronegócio (Café, Vinho, Sucos, Leite e etc.); 2 – Nanocápsulas para liberação controlada e inteligente de fármacos em animais e insumos em solos; 3 – Eletro-fiação de nanofibras de polímeros naturais; 4 – Nanopartículas magnéticas aplicada a sustentabilidade ambiental; 5 - Preparação e caracterização de membranas de separação e/ou barreiras e embalagens inteligentes e ativas com controle da nanoestrutura para aplicação em processos da agroindústria e embalagens; 6 - Desenvolvimento e caracterização de materiais nanoestruturados para produção de catalisadores e sensores visando melhoria da qualidade de Biodiesel; 7 – Desenvolvimento de novos usos de produtos agropecuários explorando a nanotecnologia, envolvendo a produção de nanofibras, nanopartículas, nanocompósitos, polímeros naturais e materiais biodegradáveis; 8 – Investigação da influência de nanopartículas do solo, na adsorção de água por intermédio da espectroscopia de força; até a aplicação da nanoeletrônica e nanodispositivos em várias cadeias produtivas do agronegócio. Certamente a preocupação com a sustentabilidade e o impacto no meio ambiente é uma questão importantíssima que deve ser investigada para toda nova tecnologia, e nessa direção vários institutos já estão desenvolvendo estudos e propondo soluções, para que os produtos de melhor desempenho, a serem lançados, tenham também a garantia de serem ecologicamente corretos, e a NT não cause más impressões que outras tecnologias recentes causaram e se auto-prejudicaram, pela falta de cautela na aprovação e comercialização de seus novos produtos.

**CONCLUSÕES:** A nanotecnologia pode contribuir de forma significativa para o desenvolvimento, a inovação e a melhoria do desempenho de setores do agronegócio. Várias ações estratégicas importantes têm sido tomadas no Brasil de forma a poder catalizar a aplicação da nanotecnologia em prol do agronegócio, dentre as quais se destaca a montagem do Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio e de uma Rede de Pesquisa para o desenvolvimento de projetos no tema, envolvendo instituições de pesquisa e universidades de todo o país e do exterior.

#### REFERÊNCIAS

- HERRMANN, P. S. P.; COLNAGO, L. A.; MATTOSO, L. H. C.; CRUVINEL, P.; FROMMER, J. **Nanotechnology and nanosciences, perspectives and potential applications in agricultural research.** In: CRUVINEL, P.E.; MASCARENHAS, S. (Org.). *Advanced Studies in Agricultural Instrumentation.* São Carlos: Rima Editora, 2002, v. Cap. 3, p. 53-74;
- MEDEIROS, E. S.; MATTOSO, L.H.C. **Nanotecnologia.** In: DURÁN N; MATTOSO LHC; MORAIS PC. (Org.). *Nanotecnologia: Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação.* São Paulo: Artliber, 2006, v. Cap. 1, p. 13-;
- DE BROCHARD, J. P. **A Miragem do Futuro.** Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1991;
- KUZMA, J; VERHAGE, P. **Nanotechnology in Agriculture and Food Production: Anticipated Applications,** Woodrow Wilson International Center for Scholars or The Pew Charitable Trusts, September, 2006;
- ROCO, M. **National Nanotechnology Initiative - Past, Present, Future.** In: *Handbook on Nanoscience, Engineering and Technology,* 2<sup>nd</sup> ed, Taylor and Francis, 2007;
- HELMUT KAISER. **“Study: Nanotechnology in Food and Food Processing Worldwide 2003-2006-2010-2015.”**Tübingen, Germany: Helmut Kaiser Consultancy, 2006. Disponível no site <http://www.hkc22.com/nanofood.html>, acessado em 5 de Julho 2006;
- KELLEHR, K. <http://www.thestreet.com/tech/internet/10279136.html>, acessado em junho de 2006
- NEL, A. *et al*, The Potential of the Materials in Nanolevel. **Science**, v.311, p.622-627, 2006;
- OXONICA. **“ENVIROXTM fuel borne catalyst”** Disponível no site: [http://www.oxonica.com/energy/energy\\_envirox\\_intro.php](http://www.oxonica.com/energy/energy_envirox_intro.php), acessado em outubro de 2006.