

2007

S
I
A
Z
A



SNA - Fundada em 1897

Sociedade
Nacional de
Agricultura

Slide 107 43

Nanotecnologia e agronegócio

RESUMO: Analisando o papel da Nanotecnologia, que vem sendo chamada de área convergente, pelo fato de agregar diversas áreas, como biologia, física, química, computação e engenharia, o palestrante traz seu histórico e revela algumas aplicações da Nanotecnologia em campos tão diferentes como agronegócio e cosmética.

Na parte econômica, o debatedor traz valores dos empreendimentos feitos por países como Estados Unidos e Japão, que detêm 50% dos investimentos nesta tecnologia e prevê um expressivo aumento de alimentos com Nanotecnologia incorporada em termos mundiais.

Já para o Brasil, apesar dos usos na agricultura serem recentes, o palestrante comenta expressivos exemplos de projetos, ações e pesquisas já em andamento no país, que teria potencial e espaço para se expandir.

SUMMARY: "Nanotechnology and Agribusiness" –

Analyzing the role of nanotechnology - known as a convergent area as it gathers together many different fields such as biology, physics, chemistry, computer science and engineering - the speaker presented its history and explained some nanotechnology applications in fields as different as agribusiness and cosmetics.

On the economic side, the discussant presented the values of enterprises undertaken by countries such as the USA and Japan, which hold 50% of the investment in this technology, forecasting a significant upsurge in foods with incorporated nanotechnology, in global terms.

For Brazil, where its uses in agriculture are recent, the speaker mentioned several important examples of projects actions and research activities already under way, with ample potential for expansion.

ÁLVARO MACEDO DA SILVA

Chefe geral da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Iremos abordar a Nanotecnologia e a sua conexão com o agronegócio. A Nanotecnologia vem sendo até chamada de área convergente, exatamente pelo fato dela agregar diversas áreas: a biologia, a física, a química, a computação e a engenharia – e muitas outras, com certeza, ainda virão agregar-se com ela.

Nanociência e Nanotecnologia

"Nano" é um prefixo grego que significa "anão". Mas, ao contrário do prefixo, esta Ciência – a Nanociência – não é nada anã. Na verdade, é bastante grandiosa e está-se mostrando promissora, com um leque que pode-se arriscar a afirmar que chega ao infinito de possibilidades.

Para fornecer uma idéia de escala, a Ilustração 1 mostra um metro, um pedaço de uma copa de uma árvore



"A ciência existe para dar respostas aos problemas da humanidade e da sociedade"

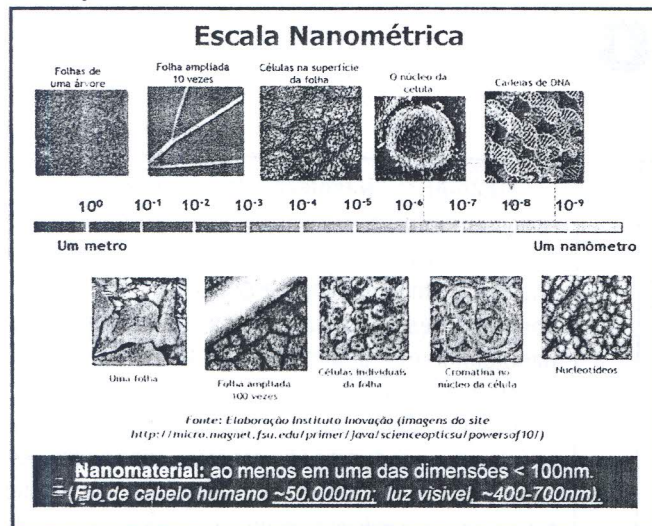
com diversas folhas e, à medida que vamos multiplicando por dez essa imagem, vamos vendo detalhes. Onde já há uma folha, na seqüência, um detalhe da folha, e assim por diante, até chegarmos às células superficiais da folha, células individuais da folha, até ao DNA e aos nucleotídeos, onde estariam, sim, nessa faixa de um nanômetro, até cem nanômetros, que é o que normalmente está-se considerando como a escala da nanotecnologia. Uma escala na qual as propriedades físicas e químicas mostram-se totalmente diferentes. Então, o que se sabia sobre Ciência, muita coisa começa a se modificar.

Gostaria de lembrar uma frase indígena que diz o seguinte: "agora que eu já tinha todas as respostas, mudaram as perguntas". É o que está acontecendo com a Nanotecnologia. E começamos a observar alguns problemas, se pudermos assim dizer: primeiro, comparar um fio de cabelo com 50.000 nanômetros; a luz visível de 400 a 700 nanôme-

2007

tros e aí começa a dificuldade, a luz visível é maior do que a escala que se está trabalhando, não dá para ver.

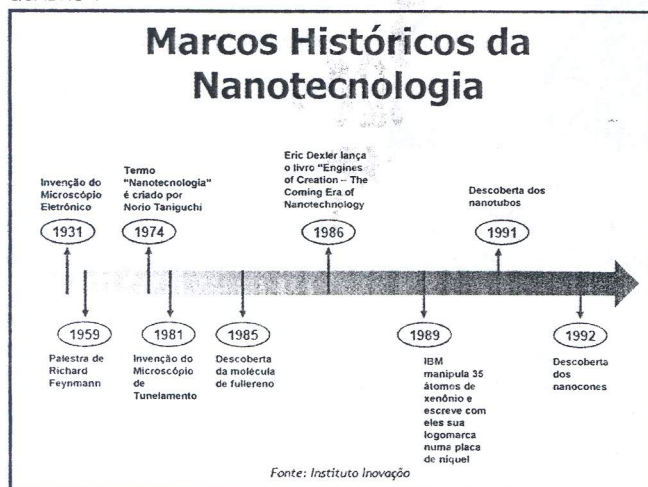
ILUSTRAÇÃO 1



Marcos históricos da Nanotecnologia

O Quadro 1 apresenta alguns eventos que marcaram a Nanotecnologia, sendo que o mais marcante foi a palestra do físico Richard Feynmann intitulada "Há mais espaço lá em baixo", em 1999. Quando ele pronunciou aquela palestra, estava exatamente afirmando que um dia poderíamos manipular moléculas e átomos e mudar totalmente o rumo da história da Física. Parece estranho que em 1959 ele já afirmara isso e tanto tempo se caminhou até que os primeiros feitos comessem a acontecer em relação à Nanotecnologia. O que acontece é o seguinte, dispunha-se dos conceitos, mas não das ferramentas. O Quadro 1 mostra ainda vários outros eventos marcantes, como a IBM lançando o seu microscópio de tunelamento e conseguiu-se fazer uma pinça para que fosse possível manipular esse material. Além disso, houve a descoberta dos nanotubos e dos nanocones e, aí sim, começaram os grandes avanços viabilizados pela possibilidade de se poder "tirar a luva de box" para se trabalhar.

QUADRO 1



A Ilustração 2 dá uma rápida noção dos investimentos no mundo em Nanotecnologia, sendo que a maior parte está concentrada em apenas 14 países. Esse mapa não tem dimensão geográfica, mas uma dimensão de quanto esses países estão produzindo em Nanotecnologia. Os Estados Unidos e o Japão aparecem com uma parcela bastante significativa, respondendo por 50% do total investido em Nanotecnologia. Outros países são muito esquilidos, com investimentos abaixo de 1%.

ILUSTRAÇÃO 2



Com relação aos mercados, os números são bastante interessantes (Quadro 2). Evidentemente, com a Nanotecnologia, assim como em todas as ciências, não devemos pensar somente no aspecto econômico – que certamente também não pode ser esquecido de forma alguma, visto é realmente importante. Mas a Ciência existe exatamente para dar respostas aos problemas da humanidade e da sociedade. Então, há os aspectos econômicos, ambientais e sociais.

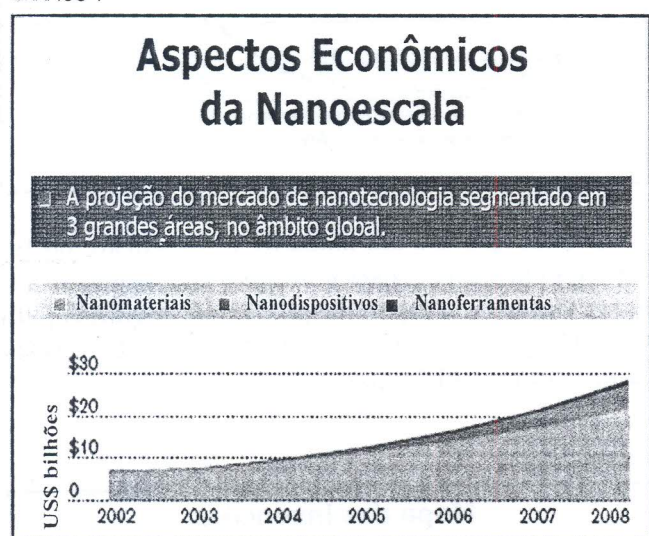
QUADRO 2



Com relação ao econômico, há uma previsão para o ano de 2010, em torno de US\$ 20 bilhões em comercialização somente de alimentos com a Nanotecnologia incorporada. Em 2005, foram US\$ 30 bilhões de produtos com Nanotecnologia – e não obrigatoriamente apenas alimentos. E o que nos deixa mais pasmosos é a previsão da Lux Research para 2015, cujo impacto da Nanotecnologia na economia global situa-se na faixa de US\$ 1 trilhão.

O Gráfico 1 mostra alguns aspectos dessa sintonização de desenvolvimento da Nanotecnologia, onde uma grande faixa estaria nos nanomateriais, outra menor – mas crescendo – também nos nanodispositivos, e uma faixa bem menor, constituída pelas nanoferramentas, exatamente para trabalhar com a Nanotecnologia.

GRÁFICO 1



O Gráfico 2 é um apanhado do investimento dos aspectos econômicos da nanoescala e revela que, em 2001, não se via nada dessa distribuição em relação à agricultura. Em 2005, ela já começou a surgir, embora em número pequeno, mas já começa a aparecer. O que o Gráfico 2 nos mostra também é que é um nicho muito interessante, se nele há ainda poucos trabalhando. É um nicho onde o Brasil, inserindo a Nanociência no agronegócio, tem bastante espaço para ocupar.

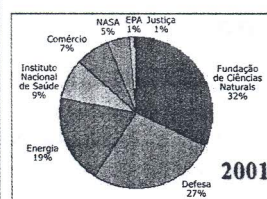
O Quadro 3 é um comparativo de alguns países que investiram em várias áreas da Nanotecnologia, sendo que podemos constatar que nenhum recurso foi dirigido para o agronegócio.

O Gráfico 3 apresenta alguns produtos comerciais da Nanotecnologia. Os dados são de março/2006 e como esses números crescem rapidamente, com certeza, já estão

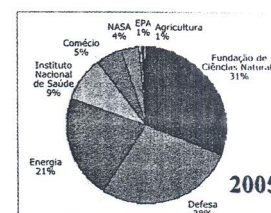
GRÁFICO 2

Aspectos Econômicos da Nanoescala

■ Fragmentação em Percentual dos Recursos Alocados, para o Programa Iniciativa em Nanotecnologia dos EUA.



Fonte: The Nanotech Report
2004, Lux Research



QUADRO 3

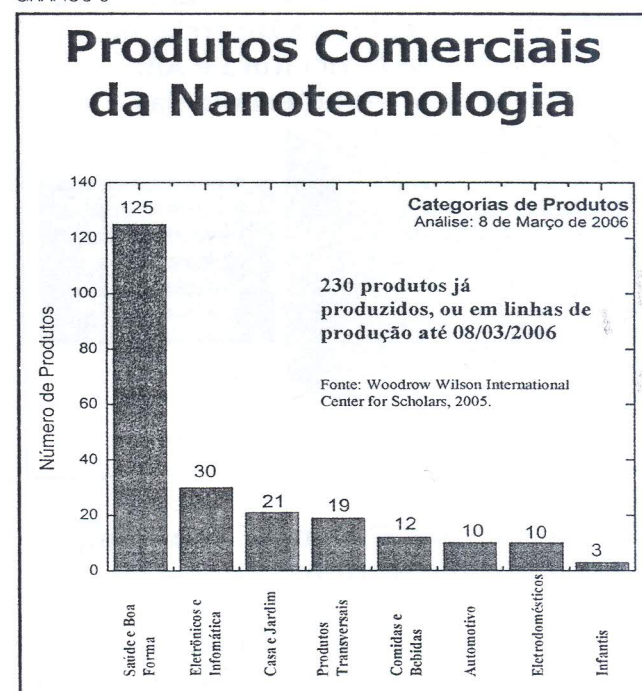
Comparativo

Item	Japão	China
Montante de Recursos	US\$ 1,4 Bilhões (2000-2003)	US\$ 60 Bilhões (1990-2004)
Instituições Focais	NMTDD/NEDO	NCNN/CAS
Modelo	Laboratórios em Rede	Centro Nacional e Rede
Áreas de Concentração	Polímeros Nanoestruturados Nanotecnologia de Vidro Nanotecnologia de Metal Nanotecnologia de Partículas Nanotecnologia de Deposição Materiais Sintéticos Nano-Funcionais Metrologia de Materiais Nanotecnológicos Nanotecnologia de Vidro para Displays Nanotubos de Carbono para FEDs	Nanomateriais Nanodispositivos Detecção e Caracterização de Estruturas Nanométricas

Item	Coreia	Taiwan
Montante de Recursos	US\$ 1,2 Bilhões (2001-2010)	US\$ 650 Milhões (2003-2008)
Instituições Focais	NNFC/KAIST; NTRA	NRC/ITRI; Academia Sínica
Modelo	Centro Nacional em Rede	Centro Nacional e Rede
Áreas de Concentração	Nanodispositivos Nanomateriais Nanoprocessamento Nanobiologia Tecnologias Básicas	Sistemas Microeletromecânicos Células-combustível Miniatúras Displays de Nova Geração Fontes de Laser Nanométricas Mídias de Armazenamento de Alta Densidade

(Apresentação do Prof. Celso P. Melo)

GRÁFICO 3



desatualizados e devem já estar chegando próximo à casa dos 300 produtos. Mas o Gráfico 3 mostra que existem, em vários países, produtos com a utilização de Nanotecnologia incorporada em diversas áreas, dentre elas as de saúde e boa forma, de eletrônica e informática, de casa e jardim, etc.

Aplicação comercial da Nanotecnologia

Alguns exemplos de aplicação comercial da Nanotecnologia no mundo são os seguintes:

- **Indústria de Cosméticos**- Protetores solares. Eles não serão somente filtros, a indústria, por exemplo, está incorporando partículas de vitamina E, que proporciona melhor incorporação na pele devido à propriedade nanométrica.
- **Indústria de alimentos**- Garrafas revestidas por nanopartículas, que aumentam o tempo de armazenamento de 2 dias para 3 meses. Menor porosidade, menor contato com o ar.
- **Desodorizadores e purificadores de ar**- A LG, do Japão, já está usando nanoesferas de carbono e sílica para essa finalidade.

A Ilustração 3 é um exemplo de um desenvolvimento do MIT, onde se começa a conectar a área biológica, de componentes de uma planta com eletrônica. No caso, são esporos de espinafre funcionando como captadores de luz solar e fazendo um fotossistema. Já é um circuito de conversão de energia solar em energia elétrica.

ILUSTRAÇÃO 3

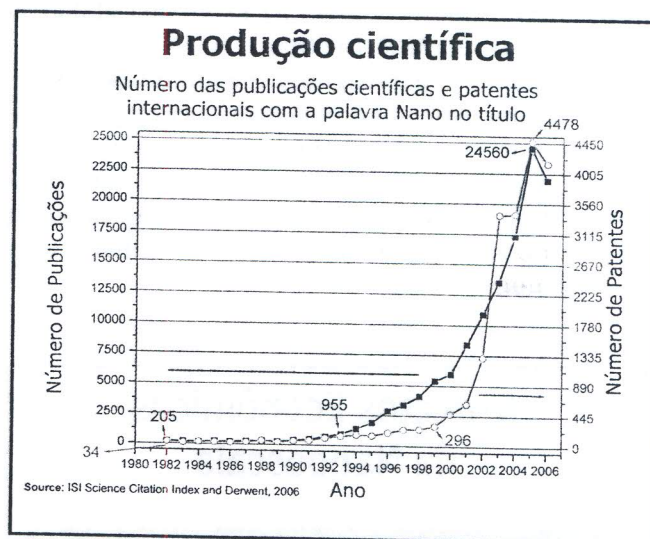


Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Mundo.

Para se ter uma noção da evolução da produção científica, o Gráfico 4 mostra que, na década de 80, o

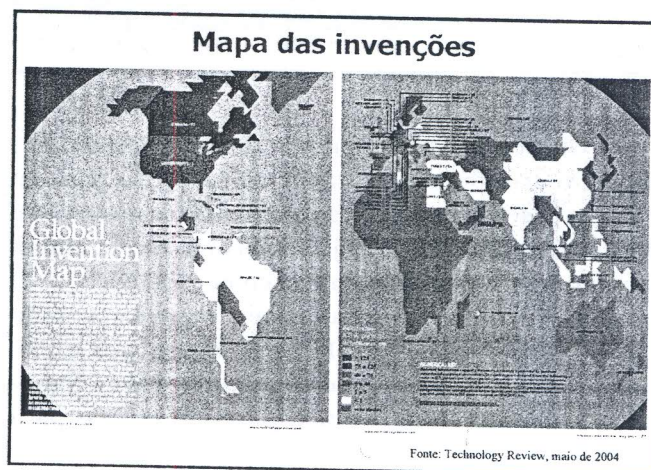
número de publicações científicas era relativamente baixo mas cresceu rapidamente, saindo dos 205 para 24.560 títulos. Com as patentes aconteceu fenômeno semelhante chegando-se a um número em torno de 4.000. Veremos mais adiante que em relação ao agronegócio, os números são bem diferentes.

GRÁFICO 4



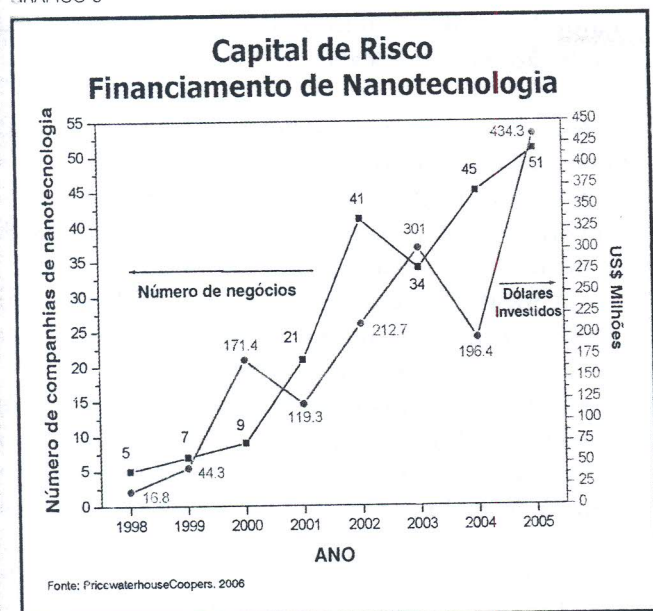
A Ilustração 4 é um mapa da distribuição das invenções em vários países e, novamente, vemos os Estados Unidos e o Japão despontando, seguidos pelo Canadá e por diversos países da Europa. O Brasil está caminhando também para conseguir seu lugar ao Sol.

ILUSTRAÇÃO 4



O Gráfico 5 apresenta os investimentos do capital de risco relacionados à Nanotecnologia. Consta-se que também há um crescimento quase linear, partindo de 5 até 51, ou seja, dez vezes mais em números de negócios realizados, e em Dólar, de 20 a 25 vezes mais, crescendo do ano 2000 até 2005.

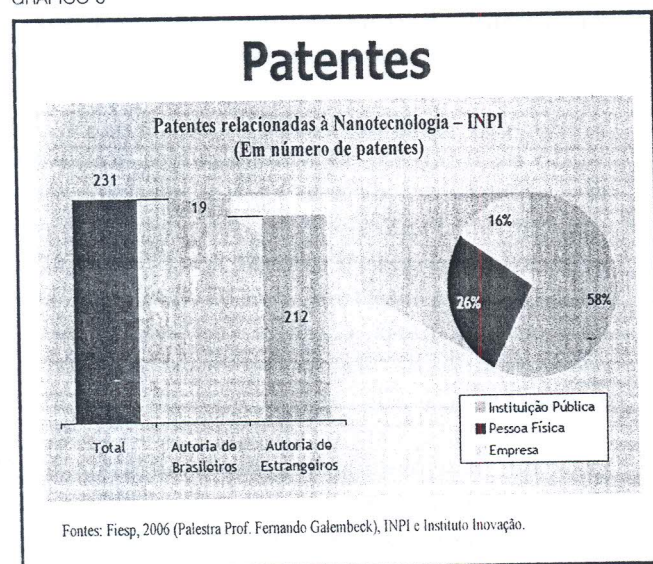
GRÁFICO 5



Indicadores do Brasil - Inovação

O Gráfico 6 apresenta um levantamento das patentes no Brasil relacionadas à Nanotecnologia. O total é de 231 patentes, um número relativamente pequeno. São 19 patentes de autoria de brasileiros com a distribuição demonstrada no centro do Gráfico. Quanto aos seus promotores, 58% são instituições públicas, 26% pessoas físicas, e 16% empresas.

GRÁFICO 6



Um exemplo da utilização da Nanotecnologia vindo ao encontro da proteção ambiental, é o desenvolvimento, pela empresa Oxonica, do Reino Unido, de

um catalisador (C_6O) "EnviroxTM Fuel Borne Catalyst", que reduz em 15% as emissões de particulados e hidrocarbonetos, bem como 6% de monóxido de carbono. Utilizado em uma frota de 8 mil ônibus na Inglaterra, o produto é responsável atualmente pela economia de US\$ 1,9 milhão em diesel por ano.

Brasil e a Nanotecnologia

Quanto aos movimentos no país relacionados à área de Nanociência e Nanotecnologia, há um programa da Rede BrasilNano que lançou o Edital MCT/CNPq 029/2005, para alavancar uma série de áreas. São elas:

Formação de redes focando a inovação, apoiando prioritariamente, projetos relacionados às aplicações da nanotecnologia:

- na cadeia produtiva do agronegócio;
- no setor de energia;
- nos setores químicos e petroquímico;
- no setor de pigmentos e tintas;
- em saneamento básico e recursos hídricos;
- nos setores de saúde (humana e animal), incluindo-se a exploração sustentável da biodiversidade;
- na siderurgia, vidros e cerâmicos;
- no setor têxtil; e
- no setor de cosméticos.

As redes Brasil Nano-2005 estão relacionados no Quadro 4.

QUADRO 4

Redes Brasil Nano - 2005

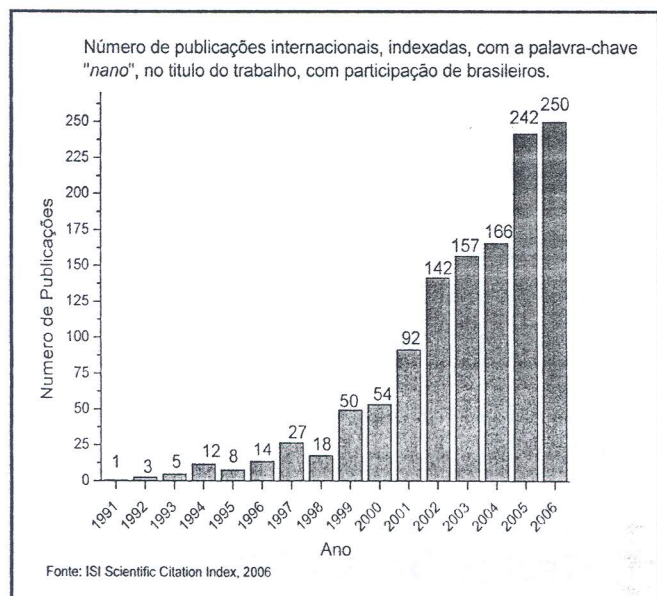
N.º	Coordenador	Título do Processo	Instituição
1	Anderson Stevens Leonidas Gomes	Rede de Nanofotônica	UFPE
2	Eudenilson Lins de Albuquerque	Rede Nacional de NanoBiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados (NanoBioEstruturas)	UFRRN
3	Oscar Manoel Loureiro Malta	Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces - Estágio III	UFPE
4	Marcos Assunção Pimenta	Nanotubos de Carbono: Ciência e Aplicações	UFMG
5	Silvia Stanisquaski Guterres	Nanocosméticos: do Conceito às Aplicações Tecnológicas	UFRRG
6	Gilberto Medeiros-Ribeiro	Microscopias de Varredura de Sondas - Software e Hardware Abertos	LNLS
7	Adalberto Fazzio	Simulação e Modelagem de Nanoestruturas	USP
8	Fernando Lázaro Freire Júnior	Rede Cooperativa de Pesquisa em Revestimentos Nanoestruturados	PUC RJ
9	Maria Rita Sierakowski	Nanoglicobiotecnologia	UFPR
10	Paulo César de Moraes	Rede de Nanobiomagnetismo	UNB

Desde 2001 investimentos de R\$140 milhões foram executados pelas agências do MCT. Fonte: MCT, 2006

Os projetos Plataformas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, financiados pelas agências do Ministério da Ciência e Tecnologia no Brasil, incluem o Instituto do Milênio, com 15 projetos. O Instituto de Nanociência trabalha com o desenvolvimento tecnológico em microeletrônica, optoeletrônica, fotônica, telecomunicações e bioengenharia. Existem ainda as Redes de Pesquisa em Sistema em chips, microssistemas e nanoeletrônica. E finalmente, há as redes do CNPq (Edital MCT/CNPq 29/2005), onde se formaram essas dez redes nacionais.

O Gráfico 7 dá uma idéia da participação de autores brasileiros em publicações internacionais, apresentando um considerável crescimento. Na década de 90 era bastante pequena a participação, mas ela cresceu até chegar a 250 publicações em 2006, mostrando que, mesmo que ainda seja preciso se avançar muito, já houve um grande incremento.

GRÁFICO 7



Setores do mercado brasileiro

Quanto aos vários setores do mercado brasileiro em Eletro-Eletrônica, eles são os seguintes:

- DSD- Dispositivos Semicondutores Discretos (parceria com a UFMG): otimização de semicondutores;
- Parceria UNICAMP com a Genius Instituto de Tecnologia (Gradiente+Nokia) em diversas áreas, entre elas a multimídia, terminais móveis, TV Digital e Nanotecnologia;

- As UFMG/DF trabalham o desenvolvimento de nanotubos, com a intenção de criar uma empresa de produção em alta escala.

Nos setores Químico e Petroquímico, o mercado brasileiro é o seguinte:

- A UNICAMP em parceria com a Rhodia-Ster desenvolve embalagens para o aumento da durabilidade de alimentos e bebidas;
- A BRASKEM em parceria com a UFRGS desenvolve materiais resistentes, novas aplicações para as resinas e embalagens impermeáveis;
- A Embrapa Instrumentação Agropecuária desenvolveu a "língua eletrônica" com repasses da iniciativa privada para a avaliação da qualidade de alimentos, inicialmente o café, podendo ser estendido ao açúcar.

Na área têxtil, a Ciba suíça, desenvolve tecidos repelentes à água e ao óleo, antiodores, antimicrobianos e proteção contra os raios Ultra Violeta (UV). A Santista Têxtil, multinacional brasileira, está desenvolvendo tecidos que não amassam e não mancham em parceria com a USP-São Carlos.

Na área de biotecnologia e fármacos, a Nanocore Biotechnology – incubada da Supera, que é uma incubadora nascida da parceria da Prefeitura de Ribeirão Preto com a Fundação Instituto Pólo Avançado de Saúde, o Sebrae e USP – tem desenvolvido vacinas e medicamentos em nanocápsulas para tuberculose, leishmaniose, artrite, diabetes e câncer, para distribuição localizada. Esse tipo de enfoque é bastante interessante, porque, muitas vezes, para que uma vacina surta efeito, é necessário que seja aplicada uma grande dose; ou então, para que um medicamento atue satisfatoriamente em um órgão ou na região de interesse, as demais partes do corpo podem sofrer com os seus efeitos nocivos. Com as nanocápsulas, aplica-se e distribui-se o elemento ativo no local desejado. Estou me referindo à vacinas e remédios para humanos, mas há aplicação também na área veterinária. Gostaria de ressaltar mais uma vez o exemplo da "língua eletrônica", que faz parte de duas áreas, sendo capaz de identificar 1,3 mil variedades de café. Está tecnologia é uma parceria de Embrapa Instrumentação Agropecuária com a USP e repasse à BR Sensor.

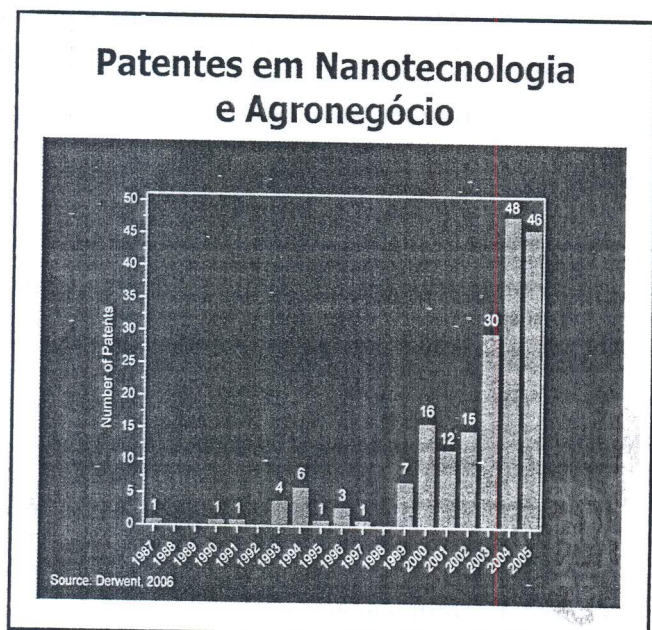
Quanto aos outros setores, há o desenvolvimento da célula combustível, que transforma energia química em elétrica e usa hidrogênio, podendo funcionar com álcool combustível, biodiesel, gás natural e outros, em um projeto da incubada do CIETEC – a Eletrocell – em parceria com o IPEN. Há uma outra

parceria, a da Universidade de Brasília (UnB), com a Embrapa Instrumentação Agropecuária e a USP de São Carlos para o desenvolvimento também de célula combustível, tendo como fonte de hidrogênio a biomassa e outras fontes renováveis. O "Ponto Quântico", foi criado pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), para o desenvolvimento de nanossensores de luz, para serem utilizados como dosímetros individuais para medida da exposição ao Ultra Violeta (UV), de trabalhadores que tenham uma exposição muito intensa à luz do Sol. Na área siderúrgica, a CSN e RCNI já usam catalisadores de nanopartículas de níquel para transformar metano e gás carbônico em monóxido de carbono e hidrogênio, usados, então, para reduzir o óxido de ferro.

Nanotecnologia e agronegócio

E, partindo para o agronegócio, o Gráfico 8 apresenta um número de patentes bem diferente dos números mostrados no Gráfico 4, mas já com um crescimento bastante significativo, chegando na casa dos 50.

GRÁFICO 8



A Nanotecnologia e a Embrapa:

- Compra do Microscópio por Varredura de Sonda (MVS), pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, em 1996;
- Treinamento na "IBM Almaden Research Center", entre 96 e 97, na área de MVS;
- Realização do primeiro Workshop em MVS, em 1997;

- Organização do "First Latin American Symposium on Scanning Probe Microscopy", em 2000, financiado pela Embrapa, CNPq e Fapesp;

- Participação como coordenador do sub-grupo da Rede de Nanobiotecnologia, do CNPq, entre os anos 2001 a 2005;

- Criação da Área de Nanotecnologia, no LABEX dos EUA, pela Embrapa, em 2005;

- Utilização da Espectroscopia de Força Atômica para analisar as interações de partículas de solo;

- Criação do produto Língua Eletrônica, por intermédio de polímeros condutores, utilizando materiais nanoestruturados;

- Realização de três pós-doutoramento focando a área de Nanociência e Nanotecnologia, com ênfase em Dispositivos Orgânicos, Filmes Finos Cosméticos e Nanodissecação;

- Aprovação pelo Macroprograma 1 (Grandes Desafios Nacionais) da Embrapa, para criação da Rede de Pesquisa em Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio.

- Concurso público aberto, em 2006, na área de Nanotecnologia, onde foram contratados pesquisadores nas sub-áreas da Nanotecnologia relacionados no Quadro 5, ligadas ao meio ambiente, qualidade dos alimentos, bionanotecnologia, desenvolvimento e caracterização de nanomateriais, novos materiais e compósitos. Nas unidades Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Gado de Leite, Embrapa Semi-Árido, Embrapa Recursos Genéticos, Embrapa Gado de Corte, Embrapa Instrumentação Agropecuária e Embrapa Agroindústria Tropical, alguns desses pesquisadores já assumiram e estão trabalhando.

QUADRO 5

Recursos Humanos		
EDITAL N.º 5/2006 – EMBRAPA, DE 10 DE MAIO DE 2006		
UNIDADES	SUB-ÁREA	
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL Manaus, AM	MEIO AMBIENTE	II (Mestrado)
EMBRAPA GADO DE LEITE Juiz de Fora, MG	QUALIDADE DOS ALIMENTOS	II (Mestrado)
EMBRAPA SEMI-ÁRIDO Petrolina, PE	QUALIDADE DOS ALIMENTOS	II (Mestrado)
EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS Brasília, DF	BIONANOTECNOLOGIA	III (Doutorado)
EMBRAPA GADO DE CORTE Campo Grande, MS	BIONANOTECNOLOGIA	III (Doutorado)
EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA São Carlos, SP	DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOMATERIAIS	III (Doutorado)
	NOVOS MATERIAIS/COMPÓSITOS	III (Doutorado)
EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL Fortaleza, CE	QUALIDADE DOS ALIMENTOS	II (Mestrado)

A criação, em abril de 2006, do Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio, em parceria da FINEP com a Embrapa objetiva trabalhar com:

- Desenvolvimento de sensores e biossensores a partir de materiais nanoestruturados para monitorar os processos de produção e a qualidade de produtos de origem agropecuários (alimentos e biocombustíveis) e monitorar a qualidade de água de fontes naturais e de resíduos das atividades do agronegócio;

- Desenvolvimento de membranas de separação para vários processos agroindustriais e embalagens inteligentes com controle da nanoestrutura para aplicação na agroindústria;

- Nanopartículas para liberação controlada de nutrientes e pesticidas em solos, e de fármacos para uso veterinário;

- Novos usos de produtos ou sub-produtos agropecuários explorando a nanotecnologia, tais com extração de nanopartículas (sílica, alumina, etc) e nanofibras de origem vegetal e animal (nanofibras de sisal, fibra de coco, teia de aranha, pena de galinha, etc) para aplicações incluindo nanocompósitos para a indústria de peças plásticas e automobilística.

A FINEP entrou com recursos para aquisição de equipamentos de R\$ 4 milhões, sendo que o projeto está previsto para funcionar por dois anos e, em contrapartida, a Embrapa está construindo o prédio que irá abrigar esse Laboratório.

Rede de Pesquisa em Nanotecnologia aplicada ao agronegócio

- Projeto do Macroprograma 1 da Embrapa – “Grandes Desafios Nacionais.”

- Projeto Componente 1 – “Gestão da Rede” (Unidade Embrapa – CNPDIA)

- Projeto Componente 2 – “Materiais Nanoestruturados para o Desenvolvimento de Sensores e Biossensores para o Agronegócio”: Possui 4 Planos de Ação (PA), (32 pesquisadores + 12 Unidades da Embrapa (CNPMF; CNPSO; CNPUV; CNPGL; CTAA; CPATU; CPPSE; CNPMA; CNPGC; CNPMN; CPATSA E CNPDIA) + 3 Universidades (UEL; USP/Poli e IFSC e UFSCar/DQ);

- Projeto Componente 3 – “Membranas de Separação, Filmes e Embalagens com Nanoestrutura Controlada para Aplicações na Agroindústria”: Possui 5 Planos de Ação, (19 pesquisadores + 4 Unidades da Embrapa (CENARGEN; CNPMN; CNPDIA e CTAA) + 3 Universidades (UFRJ/COOPE; UFSCar/DEMA e

USP/IQSC);

- Projeto Componente 3 – “Novos Usos de Produtos Agropecuários utilizando Nanotecnologia”: Possui 4 Planos de Ação (PA), (19 Pesquisadores + 5 Unidades da Embrapa (CNPAT; CNPMS; CNPSO; CNPDIA e CTAA) + 3 Universidades (UFCeara/DQI; UFRJ e USP/IQSC);

- Recursos de R\$ 2,0 milhões para os próximos 4 anos (2006 – 2009).

Objetivos e ações de PD&I

Os objetivos e Ações de PD&I da Embrapa são os relacionados a seguir:

- 1 – Nanosensores: detecção de patógenos e contaminantes; controle da qualidade de produtos agropecuários; detecção de amadurecimento de frutas de baixo custo;

- 2 – Nanocápsulas para aplicação inteligente de fármacos e insumos;

- 3 – 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 – Novos usos de produtos agropecuários explorando a nanotecnologia;

- 8 – Investigação da influência de nanopartículas do solo, na absorção de água por intermédio da espectroscopia de força atômica;

Quanto aos objetivos e ações de gestão, infraestrutura, administração e pessoal, relacionam-se:

- 1 – Formação de Recursos Humanos;

- 2 – Constituição de redes de trabalhos tanto reais como em contato virtual;

- 3 – Alocação de recursos financeiros dedicados à nova área do conhecimento;

- 4 – Gestão estratégica, com a inclusão da Nanotecnologia no agronegócio;

- 5 – Formação de equipes de trabalho, multidisciplinar e transdisciplinar;

- 6 – Sensibilização dos diversos atores do setor do agronegócio para a importância da Nanotecnologia e sua influência nas suas diversas cadeias produtivas;

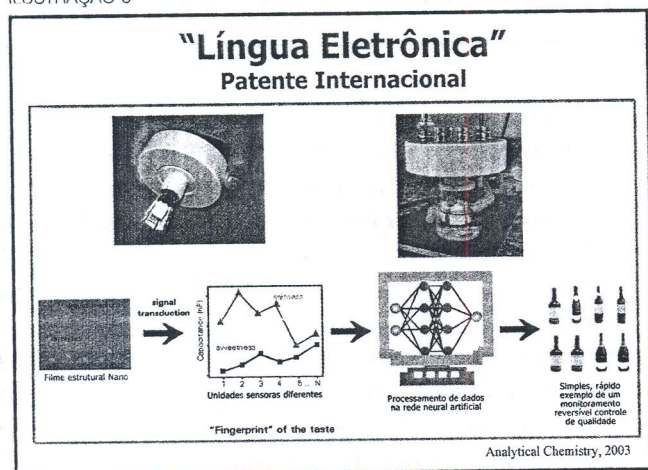
- 8 – Fortalecimento da cooperação nacional e internacional;

9 – Criação de laboratórios em Nanotecnologia para o agronegócio no país;

10 – Estudos de impactos sócio-econômico e ambiental da Nanotecnologia no setor do agronegócio nacional.

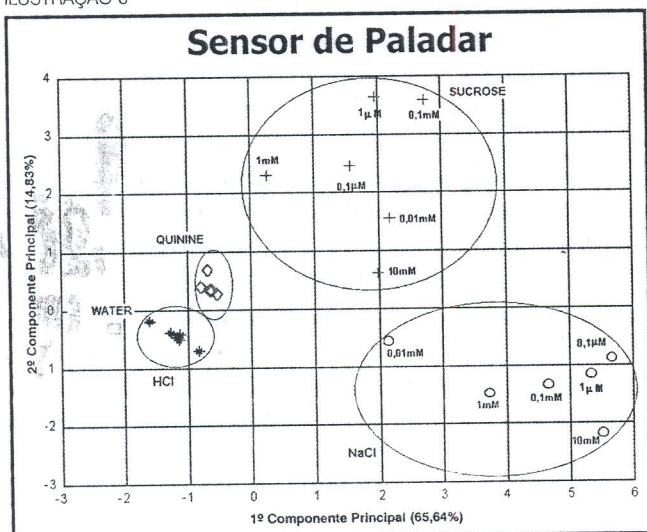
É um dos produtos dessas ações da Embrapa, em particular da Embrapa Instrumentação Agropecuária, é a “Língua Eletrônica” (Ilustração 5). Trata-se de um dispositivo com polímeros condutores, que trabalha com um conjunto de sensores, sendo que a forma de “percepção” é a mesma do cérebro humano, usando-se redes neurais. O que se avalia é o padrão da amostra. Semelhantemente à língua humana, ela mede algumas grandezas, faz uma composição e uma análise estatística utilizando as redes neurais, e chega à identificação dos líquidos.

ILUSTRAÇÃO 5



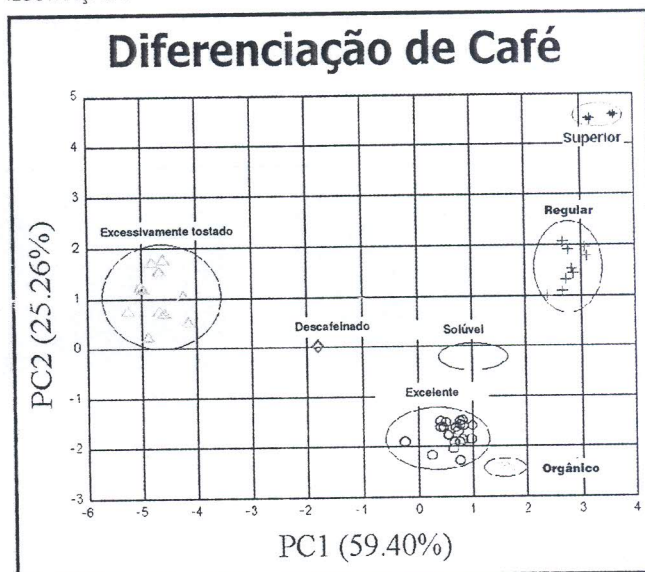
A Ilustração 6 é de um caso de identificação da sucrose, do sal, do quinino, da água, e assim por diante.

ILUSTRAÇÃO 6



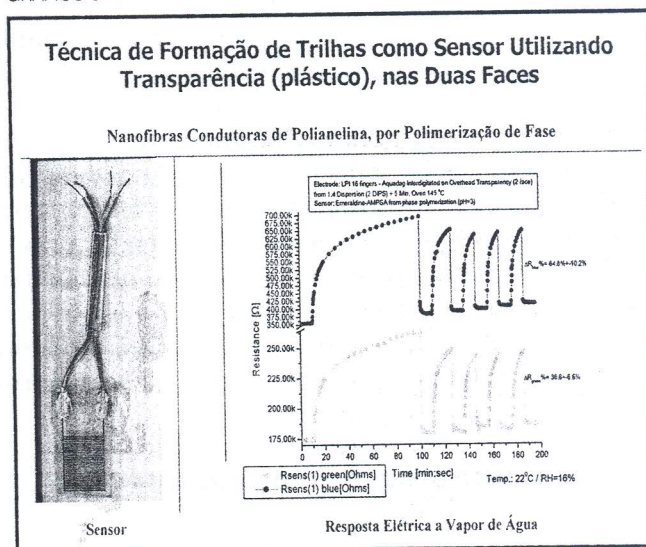
A Ilustração 7 é uma aplicação para avaliação e diferenciação de café. Há os diversos grupos identificados como queima excessiva, descafeinado, café solúvel, etc.

ILUSTRAÇÃO 7



Existe um outro sensor (Gráfico 9), que trabalha em uma linha parecida com a da língua eletrônica. Trata-se do sensor que avalia gases voláteis, batizado informalmente de “nariz eletrônico”. À semelhança da “língua eletrônica”, pretende-se exatamente a avaliação da maturação de frutas.

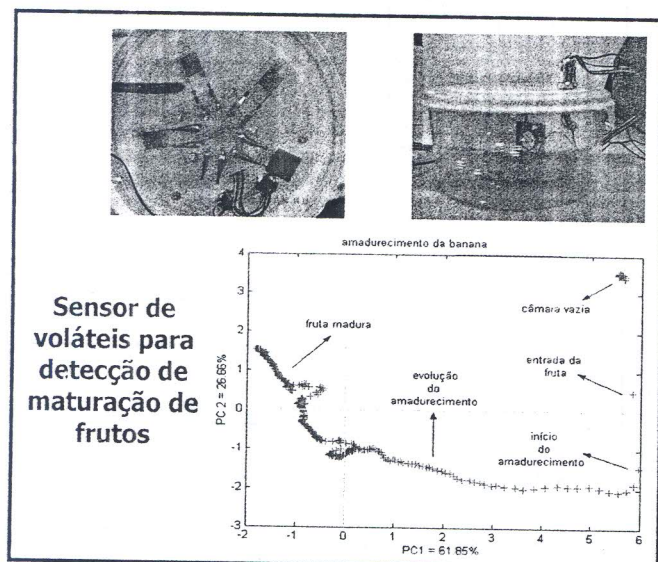
GRÁFICO 9



E o Gráfico 10 mostra uma das aplicações do “Sensor de voláteis para detecção de maturação de frutos”. Está sendo testado, no exemplo, o amadure-

cimento da banana. No princípio há uma câmara vazia, e a banana, ao ser colocada na câmara, e à medida em que vai ocorrendo o seu amadurecimento, a resposta vai se modificando, sendo, assim, possível avaliar-se o amadurecimento da fruta.

GRÁFICO 10

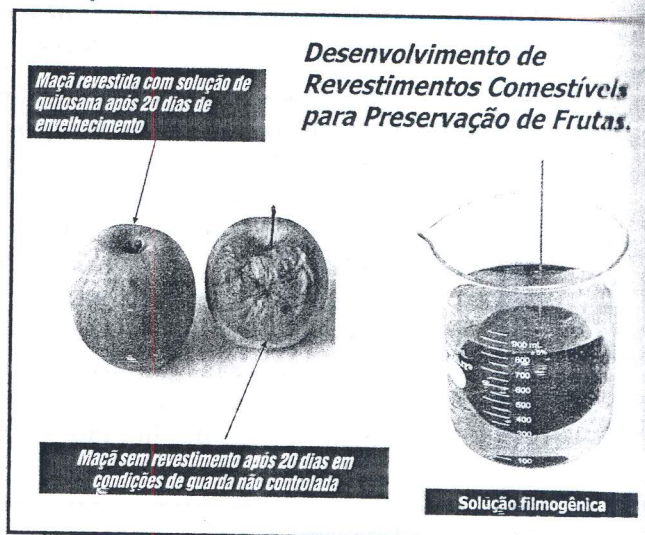


A Ilustração 8 é o exemplo de outra aplicação da tecnologia ligada ao tempo de prateleira de frutas. Trata-se de um filme comestível à base de proteínas, quitosana de crustáceos ou, ainda, azeína do milho, que é depositado sobre a superfície da fruta, formando uma camada fina em nível nanométrico, cujas propriedades de hidrofília e hidrofobia controlam o fluxo de água. Além disso, também proporcionam a uma ação de proteção microbiana, fazendo com que a fruta tenha um tempo de permanência maior na prateleira. A Ilustração mostra a comparação de uma fruta protegida com o referido filme e outra não protegida. Vinte dias depois é mostrada a situação de envelhecimento das frutas, a protegida e a sem a proteção, realmente bastante diferente.

Nanotecnologia e agroenergia

Onde a nanotecnologia pode contribuir nessa área? Primeiramente como fonte com matéria-prima 100% renovável. Uma segunda aplicação seria nos processos com nanossensores para gases e líquidos, gerados nas biorefinarias, otimizando os processos de produção dos biocombustíveis. Outra contribuição seria na produção de nanocatalisadores para transesterificação de óleos

ILUSTRAÇÃO 8



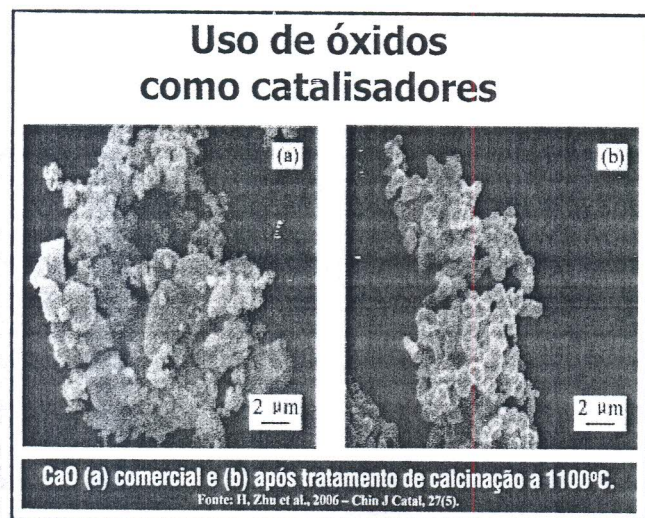
vegetais e animais, para geração de biodiesel, aumentando a produtividade e a eficiência e diminuindo o tempo de reação. Mais uma, seria o desenvolvimento de membranas e filmes, com nanotecnologia, para a separação de gases e líquidos, otimizando o processamento do biocombustível. Outra utilização estaria nas novas aplicações dos produtos e resíduos do agronegócio para a obtenção de nanomateriais como, por exemplo, palha do arroz, de onde é possível se retirar a sílica para fazer composições de nanomateriais.

A Nanotecnologia contribui ainda na sacarificação da celulose, com sua co-fermentação de açúcares e destilação, aumentando especialmente a produtividade energética da cana-de-açúcar, diminuindo a necessidade de aumento de fronteira agrícola. Com um aproveitamento maior da celulose, é possível aumentar o rendimento da produção de etanol com maior produtividade. Além de mais essa contribuição da Nanotecnologia para a agroenergia, há também o aproveitamento de resíduos da queima da matéria orgânica para a geração de energia. Os resíduos são queimados para produzir energia e a cinza gerada – evidentemente que ainda são apenas estudos iniciais – mas eles têm indicado que esses resíduos da queima de matéria orgânica podem gerar nanopartículas que venham a ser utilizadas também para nanocompósitos ou catalisadores. E, finalmente, há os materiais nanoestruturados que podem ser obtidos da biomassa (nanossílica, nanoalumina), podendo ser utilizados como catalisadores ou seus portadores para distribuição controlada (zeólitas), cujo papel é muito in-

interessante, como veremos a seguir.

Apenas para dar um exemplo rápido do que pode ser feito em termos de Nanotecnologia para melhorar este processo, há o uso de óxidos como catalisadores. A Ilustração 9, à esquerda, mostra o óxido de cálcio comercial com uma estrutura bastante irregular a partir de um processamento em escala molecular. Essa estrutura é convertida em algo mostrado à direita da Ilustração, que ainda é irregular, mas percebe-se que as suas microestruturas são muito parecidas. A chave é a área de contato, que representa uma área de reação é muito maior do que a da esquerda. Este é um dos exemplos onde reside o processo de otimização da produção dos biocombustíveis.

ILUSTRAÇÃO 9



A Ilustração 9 apresenta um casamento muito interessante do processo da Nanotecnologia e do agro-negócio. A foto à esquerda da Ilustração 10 é a cavalinha (*Esquisetum arvense*), que tem como característica possuir a sílica amorfa no seu interior. (Estudos já demonstraram que essa característica existe também em várias plantas, no entanto, aparece mais fortemente na cavalinha). Ao se introduzir a alumina nessa planta, elas reagem e formam a zeólita. A zeólita tem uma característica estrutural muito interessante: ela é oca e tem uma dimensão de dois nanômetros, aproximadamente. Essa característica pode ser muito apropriada no desenvolvimento de filtros para aprisionar moléculas, que entram e não saem. Por exemplo: a separação da água de um álcool. A molécula do álcool é maior e não entra, já a da água é menor ficando, então, aprisionada. Tira-se a zeólita

e faz-se o processo de separação sem precisar de aquecimento ou ações desse tipo.

ILUSTRAÇÃO 10



Essa característica pode ser utilizada também para aprisionar dentro da zeólita um catalisador, porque se o processo do óxido de cálcio acelera o processo da produção do biodiesel, a sua retirada de volta do biodiesel é muito cara. Então, baratear este processo é uma das metas, e esta é uma das formas. Então, se o catalisador estiver aprisionado na zeólita, fica mais fácil de ser retirado junto com a planta.

São apenas alguns exemplos das formas de se fazer isso. Depois que a alumina é introduzida e se formam as zeólitas por um processo técnico, elimina-se a parte vegetal, restando apenas uma réplica da planta só com zeólitas. É parecido com o processo da petrificação de florestas, onde soluções saturadas do mineral entram na planta, ocupam o espaço vazio, depois a planta morre; a parte orgânica decai, e o que fica é "um negativo" da planta em óxidos ou petrificado.

Quanto ao exemplo da cavalinha, uma situação é semelhante. A foto (a) mostra uma réplica da folha da cavalinha seca e já totalmente tomada pela zeólita; na (b) aparecem ampliações de detalhes desse cone; numa aplicação maior que ele aparece em (d). Em (c) é um detalhe onde a zeólita aparece instalada na planta enquanto tem a parte vegetal ainda, e em (e) e (f) detalhes maiores da zeólita da cavalinha. Esse é um exemplo de aplicação que os pesquisadores estão estudando com bastante entusiasmo porque tem um potencial muito grande. ■