Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Instrumentação

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Tecnologias Pós-Colheita em Frutas e Hortaliças

Editor Técnico

Marcos David Ferreira

Embrapa Instrumentação São Carlos, SP 2011 Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452

Caixa Postal 741

CEP 13560-970 - São Carlos - SP

Fone: (16)2107-2800 Fax: (16)2107-2902 www.enpdia.embrapa.br

E-mail: sac@enpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa:

Presidente: João de Mendonça Naime

Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,

Sandra Protter Gouvea.

Washington Luiz de Barros Melo,

Valéria de Fátima Cardoso

Membro Suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Marcos David Ferreira Revisor de texto: Deusdedit Ferreira de Menezes

Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso

Capa: Pedro Campaner Hernandes

Tratamento de ilustrações: Pedro Campaner Hernandes

Fotos da Capa: Marcos David Ferreira Editoração: Roger Luciano Lucke (arte.com) Impressão e acabamento: Suprema Gráfica

la edição

1ª impressão (2011): tiragem 400

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610). CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Instrumentação

T255 Tecnologias pós-colheita em Frutas e Hortaliças. / Marcos David Ferreira editor. - São Carlos:

Embrapa Instrumentação, 2011.

286 p.

ISBN: 978-85-86463-30-3

1. Pós-Colheita. 2. Fisiologia. 3. Beneficiamento. 4. Classificação e comercialização. 5. Nanotecnologia. 6. Embalagens e revestimentos comestíveis. 7. Minimamente processado. 8. Legislação. I. Ferreira, Marcos David.

Capítulo 2

Alimentos na Próxima Década: Um Olhar sobre o Cenário Mundial, Brasileiro e Principais Tendências Tecnológicas

Silvio Crestana

1. Introdução

Prever o futuro almejando tomar decisões no presente remonta ao tempo dos faraós, no Egito. A depender do diagnóstico das cores das águas do Nilo, poder-se-ia prever as colheitas, se seriam tempos de abundância, de colheita farta ou de miséria, com frustração de colheitas. Com isso, os faraós poderiam saber da situação financeira futura dos fazendeiros e definir o aumento de impostos que eles seriam capazes de pagar. Prospectar, no sentido determinístico de Laplace, significa descrever as forças principais atuantes sobre um determinado sistema de interesse e daí, conhecer, com relativa certeza, seu futuro, a partir das condições iniciais e dos vínculos a que o mesmo sistema está submetido. A extrapolação linear do passado até o presente e daí o encontro do futuro, como se fosse único, a partir do presente, é consequência dessa racionalidade. No entanto, a metodologia falha quando se trata de lidar com as incertezas. Mais modernamente, utiliza-se a metodologia dos cenários, levando-se em conta possíveis acontecimentos que poderão impactar decisivamente o futuro. Portanto, coerentemente com essa visão, parte-se do reconhecimento da incerteza sobre o futuro para avaliar os futuros possíveis ou, da mesma maneira, os futuros mais prováveis. E, atualmente, diante da imprevisibilidade causada pelas incertezas, os modelos de planejamento estratégicos vinculam seus cenários a revisões periódicas, donde são feitos ajustes de trajetória, caso necessários. Este capítulo objetiva apresentar uma revisão sintética e atualizada do cenário mundial, brasileiro e das principais tendências tecnológicas relativas aos alimentos, para a próxima década. Quando se aborda a temática dos alimentos, é preciso considerar toda a complexidade da cadeia produtiva que vai dos insumos, à produção, à pós-colheita, passando pelo transporte, pelo acondicionamento dos produtos ao seu armazenamento, pela distribuição e comercialização até a prateleira do supermercado. A rigor, vai ainda mais longe se considerarmos os subprodutos, os resíduos ou efluentes gerados pós seu uso. Hoje não basta só a existência do alimento em quantidade, mas também sua qualidade. Ainda há problemas graves de distribuição de alimentos, fazendo com que quase 1 bilhão de habitantes enfrentem o problema da subnutrição enquanto que outra parte importante dos habitantes que a eles têm acesso enfrentam o também grave problema da obesidade. Os estudos recentes, incluindo aqueles obtidos a partir de pesquisas com consumidores, mostram que o trinômio: alimentação, nutrição e saúde veio para ficar (SASSON, 2011). Também é crescente a demanda por alimentos certificados, que atestem boas práticas agrícolas, que considerem o ciclo de vida dos produtos nele empregados e até os aspectos sociais e ambientais envolvidos na sua produção, comercialização e distribuição. À guisa de exemplo, consideremos a produção de hortaliças no Brasil, que tem crescido vigorosamente nos últimos anos, passando de 11,5 milhões de toneladas em 1998 para 19,3 milhões de toneladas em 2008, tomando-se por base dados do Anuário Brasileiro de Hortaliças 2010. De acordo com Martins e Medeiros (2011), apesar do crescimento favorável nos últimos anos, a produção de hortaliças enfrenta vários desafios como o baixo consumo no Brasil, a logística de pós-colheita e principalmente, do ponto de vista de saúde pública, contaminações biológicas e o uso de agrotóxicos sem registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Recentemente, um surto da bactéria *Escherichia coli* atingiu 14 países da Europa mais os Estados Unidos, infectando cerca de 3000 pessoas - produzindo 39 mortes - além de outras que foram hospitalizadas. A disseminação da cepa altamente resistente da *E. coli* ocorreu a partir do cultivo de brotos de feijão cultivados em uma fazenda do norte da Alemanha. No Brasil, os resultados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA/ANVISA) em 2009 citam que das 3.130 amostras analisadas pelo programa, 907 (29,0%) foram consideradas insatisfatórias. Do total de amostras analisadas, 744 apresentaram utilização de agrotóxicos não autorizados para a cultura, representando 23,8% do total analisado. Um manejo adequado da cultura, baseado nas Boas Práticas Agrícolas, no monitoramento dos tratos culturais e na rastreabilidade desde o plantio até a pós-colheita, como ocorre na Produção Integrada Agropecuária (PI Brasil) evitaria danos maiores à saúde pública mundial.

A Produção Integrada Agropecuária (ZAMBOLIM, 2009) é um sistema produtivo de adesão voluntária baseado na sustentabilidade e racionalização do uso de insumos, utilizando instrumentos adequados de monitoramento e rastreabilidade de todos os processos (CONFERÊNCIA INTERNACIONAL..., 2004).

Considerando a tendência crescente dos mercados quanto à sustentabilidade da produção agrícola e a exigência de informações sobre procedência e qualidade dos alimentos consumidos, a produção de hortaliças através da PI Brasil torna-se uma importante aliada do produtor para a produção de alimentos seguros. Ainda, segundo Martins e Medeiros (2011), os primeiros projetos de Produção Integrada de Hortaliças fomentados pelo MAPA datam de 2005 e foram implantados para as culturas da batata em Minas Gerais, tomate de mesa no Espírito Santo e tomate industrial em Goiás e Minas Gerais. Os resultados foram expressivos para a cultura da batata, onde houve redução de 19% a 25% nos custos de produção e a produtividade sob regime da Produção Integrada alcançou valores entre 34 e 40 toneladas por hectare, contra 17 a 20 no sistema convencional. A racionalização do uso de agrotóxicos teve notável desempenho, chegando à redução de até 100% no uso de herbicidas. Atualmente, o MAPA acompanha um convênio celebrado com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI-SC) para a capacitação de produtores de tomate de mesa em Produção Integrada. Os resultados obtidos pela EPAGRI com Produção Integrada de Tomate de Mesa mostraram que, apesar de os produtores de Santa Catarina ainda não receberem maior remuneração pelos produtos oriundos da Produção Integrada, tiveram uma redução no custo de produção de até R\$ 4.000,00 (quatro mil reais) por hectare. Com relação às hortaliças folhosas, o MAPA coordena o projeto de Produção Integrada de Hortaliças Folhosas desenvolvido no Distrito Federal, o qual é executado pela Embrapa Hortaliças.

Conforme o documento Brasil Food Trends 2020, produzido pela FIESP e ITAL, as recentes exigências e tendências dos consumidores mundiais de alimentos, baseadas em análise de relatórios estratégicos produzidos por institutos de referência, podem ser agrupados em cinco categorias: 1. Sensorialidade e Prazer, 2. Saudabilidade e Bem-Estar, 3. Conveniência e Praticidade, 4. Confiabilidade e Qualidade e 5. Sustentabilidade e Ética. Segundo Vialta (2010, p. 99), a indústria de alimentos utiliza uma ampla gama de ingredientes orgânicos e inorgânicos com o objetivo principal de aumentar a vida útil dos produtos e tornálos mais saudáveis e atraentes sensorialmente. Esses objetivos são perenes, porém a forma de alcançá-los muda consideravelmente à medida que as inovações tecnológicas se apresentam. Daí a importância de se considerar o concurso das ciências e inovações mais avançadas e seus potenciais de mudanças de paradigmas e saber como o setor industrial as está encarando. A biofortificação, o emprego de nanocápsulas e materiais nanoestruturados são pequenas mostras da força da bio e da nanotecnologia que, associadas às ciências cognitivas e às tecnologias da informação, se juntam para dar origem às tecnologias convergentes, conforme será abordado nesse capítulo.

É com o propósito de rever um pouco do "estado da arte" que governa a fronteira: alimentos, ciências e inovação, indústrias e consumidores, que serão apresentados alguns cenários possíveis obtidos a partir de estudos, prospecções e relatórios recentes, inclusive utilizando extrapolações. Também daremos destaque ao relevante papel do Brasil na produção mundial de alimentos, apresentando síntese de relatório recente disponibilizado pelo MAPA. De modo a tornar mais fácil a leitura, o presente capítulo será subdivido em quatro partes, conforme apresentado em seguida.

Parte I - Panorama mundial para a próxima década: demanda crescente, oferta restrita a alguns países, estoques limitados, volatilidade de preços...

A Figura 1, elaborada pela Fundação Getúlio Vargas – GV Agro, ilustra com clareza o crescimento da demanda mundial por alimentos no período 1990-2000 e a tendência prevista de crescimento, por volta de 62%, para o período 2000-2025. Também é importante notar o papel da China, Índia e África que, somados, em 2025, serão responsáveis por praticamente a metade do crescimento da demanda mundial.

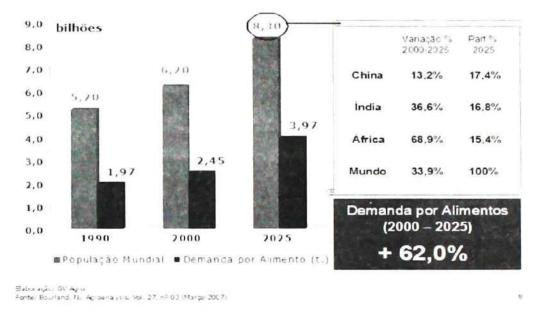


Figura 1: Crescimento populacional e demanda por alimentos computada para o período 1990-2025 assim como demanda crescente da China, Índia e África (MALAVOLTA, 2007).

O USDA elaborou excelente relatório USDA Long Term Projections 2020 (USDA, 2011), liberado em fevereiro de 2011. São explicitadas visões e projeções sobre crescimento econômico, população, valor do dólar americano, preços do petróleo, política agrícola americana, comércio pecuário e de carnes, biocombustíveis nos EUA e no mundo, política internacional e preços. Considerando-se a pertinência aos objetivos deste tópico, apresenta-se, em seguida, um resumo dos estudos e prospecções para a próxima década, fornecido pela OECD (Organisation for Economic and Development Cooperation) e FAO (Food and Agriculture Organization of United Naitions) referente ao relatório conjunto OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020 (OECD; FAO, 2011). Um dos seus principais objetivos foi subsidiar as discussões e propostas dos ministros da Agricultura do G-20, reunidos em Paris, em junho de 2011.

1. Um período de elevação e de volatilidade de preços das commodities

Há uma preocupação internacional acerca dos níveis e da volatilidade dos preços das commodities agrícolas. A Figura 2 ilustra a volatilidade histórica dos preços do trigo, arroz e milho, no período 1960-2010. Preços altos e voláteis atraem a máxima atenção, mas preços baixos e volatilidade também são problemáticos. A volatilidade de preços cria incerteza e risco para os produtores, comerciantes, consumidores e governos e podem ter impactos negativos extensos no setor agrícola, na segurança alimentar e na economia em geral, tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento.

Os preços das *commodities* se elevaram fortemente em agosto de 2010 na medida em que a produção agrícola caiu fortemente em regiões agrícolas-chave, os estoques baixos reduziram o suprimento disponível e a retomada do crescimento nos países desenvolvidos e nas economias emergentes escorou a demanda. Um período de alta volatilidade nos mercados das *commodities* agrícolas entrou no seu quinto ano sucessivo.

Preços altos e volateis das commodities e suas implicações na insegurança alimentar estão claramente nos assuntos importantes que enfrentam os governos. Isso foi muito bem refletido nas discussões do G-20, em Seoul, em novembro de 2010 e nas propostas de ações consideradas em junho de 2011, no encontro de ministros da agricultura, em Paris. Este *outlook* é cautelosamente otimista quanto à queda dos preços das commodities referente aos niveis de 2010-11, na medida em que os mercados respondam aos seus altos preços e as oportunidades de crescimento dos lucros que eles permitem. As colheitas deste ano são críticas, tomando certo tempo para restaurar os balanços de mercado. Até que os estoques possam ser reconstruídos riscos de próxima elevação de preços mantêm-se altos. Este *outlook* mantêm sua visão das edições recentes de que os preços reais das commodities agrícolas provavelmente permanecerão em um plató elevado durante a próxima década comparada com a anterior. Períodos prolongados de preços altos podem tornar as metas de segurança alimentar global mais difíceis, colocando os consumidores pobres em alto risco de subnutrição.

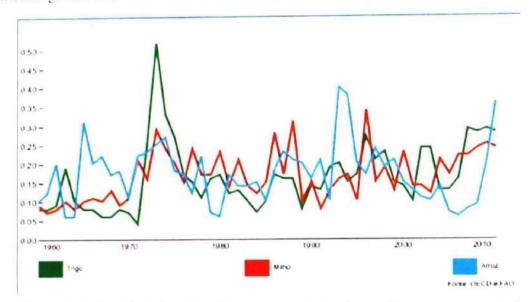


Figura 2: Volatilidade histórica dos preços reais do trigo, milho e arroz no período 1960-2010. Fontes: milho (US No. 2, amarelo, US Gulf); arroz (arroz branco, Thai 100% B segundo grau, f.o.b. Bangkok); trigo (US No. 2, trigo de inverno, US Gulf) (OECD; FAO, 2011).

2. O que esta governando a volatilidade dos preços?

Tempo e mudanças climáticas - O mais frequente e significativo fator que tem causado volatilidade é a imprevisão das condições do tempo. Mudanças climáticas estão alterando os padrões de tempo, mas os seus impactos em eventos climáticos extremos não estão claros.

Níveis dos estoques - Os estoques têm, por muito tempo, desempenhado o papel de mitigar discrepâncias na demanda de curto prazo e suprimento de commodities. Quando os estoques acessíveis estão baixos em relação ao uso, conforme estão atualmente para grãos, a volatilidade dos preços deve ser alta.

Preços de energia - Os vínculos crescentes aos mercados de energia através de insumos como fertilizantes, transporte e da demanda de matérias-primas para biocombustível estão transmitindo a volatilidade dos preços de energia para os mercados agrícolas.

Taxas de câmbio - Devido ao fato de afetar os preços das commodities domésticas, os movimentos de câmbio têm o potencial de impactar a segurança alimentar e a competitividade ao redor do mundo.

Demanda crescente - Se o suprimento não condiz, ritmicamente, com a demanda, haverá pressão para cima no preço das commodities. Com as rendas per capita aumentando, globalmente e, em muitos países pobres, com expectativa de crescimento de até 50%, a demanda por alimentos irá se tornar mais inelástica, de tal maneira que maiores oscilações nos preços deverão ser necessárias para responder á demanda.

Pressão por recursos - Custos maiores dos insumos, menor aplicação de tecnologias agrícolas, expansão em terras mais marginais e limites para duplicar plantios, assim como água para irrigação, impõem limites às taxas de crescimento da produção.

Restrições comerciais - Tanto as restrições para importar como exportar amplificam a volatilidade dos preços nos mercados internacionais.

Especulação - A maioria dos pesquisadores concorda que altos níveis de atividade especulativa nos mercados futuros podem amplificar os movimentos de preços no curto prazo, embora não haja evidência conclusiva de efeitos sistêmicos na volatilidade de longo prazo.

3. Quais os desafios políticos para os governos?

O desafio de política para os governos é promover o crescimento da produtividade, particularmente entre os pequenos produtores, que melhore a resiliência dos mercados aos choques externos, reduza perdas e aumente os fornecimentos aos mercados locais a preços acessíveis.

Investimentos do setor público são necessários em pesquisa e desenvolvimento agrícola, em instituições e infraestrutura para aumentar a produtividade e a resiliência do setor na direção das mudanças do tempo e do clima e escassez de recursos. Investimentos também se fazem necessários para reduzir as perdas póscolheita.

Reconhecendo que a volatilidade irá permanecer como um fator dos mercados agrícolas, políticas cocrentes são requeridas para duplamente reduzir a volatilidade onde possível e limitar os seus impactos negativos.

Mitigando a volatilidade - A melhoria da transparência do mercado pode reduzir a volatilidade do preço. Grandes esforços são requisitados para melhorar a informação global e nacional e os sistemas de vigilância sobre as prospecções de mercado, incluindo melhores dados sobre produção, estoques e comércio em *commodities* sensíveis à segurança alimentar. Remoção ou redução das distorções de políticas, como restrições sobre importações e exportações ou subsídios para biocombustíveis, também podem reduzir a volatilidade dos preços. Informação e transparência nos mercados de futuros devem ser melhoradas, reconhecendo a importância de harmonizar medidas através de câmbios.

Gerenciando a volatilidade - Redes de segurança social podem ajudar os consumidores mais vulneráveis quando os preços dos alimentos sobem, enquanto redes de segurança de produtores podem compensar baixos rendimentos, mantendo assim sua capacidade de adquirir insumos e manter a produção. Reservas de alimentos de emergência para assistência dirigida a pessoas pobres são úteis para amenizar o impacto da altos dos preços. Maiores esforços são necessários para construir esquemas de gerenciamento de risco baseados no mercado, incluindo a utilização de contratos futuros e bolsas de futuros, disponíveis para pequenos produtores.

Os governos também podem adotar tais estratégias de gerenciamento de risco, tais como seguros para financiar as importações de alimentos quando o mau tempo reduz a produção nacional ou contratos de opção para bloquear, no futuro, as compras de alimentos via importação.

4. Preços das commodities agrícolas, em termos nominais e reais

Todos os preços das *commodities*, em termos nominais, serão em média maiores em 2020 do que na década anterior. Em termos reais, conforme mostrado na Figura 3, o preço dos cereais deve subir até 20% para o milho e 15% para o arroz, comparativamente à década anterior, enquanto que o trigo deverá permanecer no mesmo nível.

Para as carnes, os preços reais para o frango devem se elevar mais do que 30% na próxima década, enquanto que a carne de porco nos mercados do Pacífico poderá subir alguma coisa como 20% a mais enquanto que os preços da carne bovina devem permanecer no mesmo nível elevado. Os preços das carnes são ajustados à medida que o aumento das matérias-primas é consignado em preços.

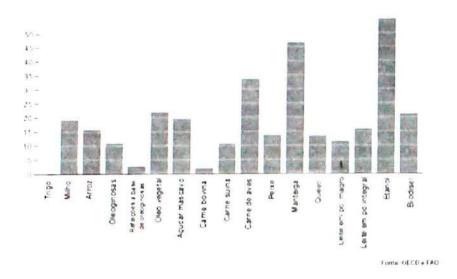


Figura 3: Variação de preços, em termos reais, em %, para o período 2011-2010 comparado com o período 2001-10. SMP: leite magro, em pó e WMP: leite integral, em pó (OECD; FAO, 2011).

Refletindo o fato de que os preços têm se movido na direção de forte elevação, os preços do trigo, arroz, refeições à base de oleaginosas (Figura 4) e açúcar irão, em média, se elevar menos comparados com os das três décadas passadas, enquanto que os preços de algumas carnes, produtos lácteos e milho irão mostrar uma elevação acima daquela observada no período de comparação.

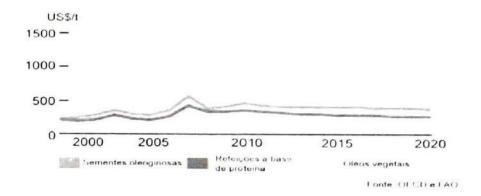


Figura 4: Preços, em termos reais, em US\$ por tonelada, para oleaginosas, refeições à base de proteína e óleo vegetal, período 2000-2020 (OECD; FAO, 2011).

Parte II - Agricultura tropical e o papel do Brasil como grande produtor e fornecedor mundial

Nas últimas duas décadas, o Brasil vem se destacando no cenário mundial como grande produtor de alimentos e, por conseguinte, como potência agrícola mundial, capaz de suprir, em primeira instância, suas necessidades internas, garantindo a Segurança Alimentar Nacional e como grande fornecedor mundial de alimentos, através da exportação crescente de seus excedentes de produção. Tal feito tem seus fundamentos na contribuição das várias formas de agricultura praticadas no país, da agricultura de base familiar a empresarial e da exploração competente, baseada na ciência, dos seus recursos naturais. Hoje é possível afirmar, a partir de fundamentos sólidos, que o mundo pode desfrutar de duas colheitas agrícolas, uma produzida nos países de clima temperado e outra produzida nos países de clima tropical, lideradas pelo Brasil. Em consequência desta última obtida a partir do manejo de ecossistemas tropicais, devido a novidade e à sua importância, temos insistido na formulação e uso do conceito de agricultura tropical (CRESTANA; SOUSA, 2008). Recentemente, vários artigos veiculados em mídias internacionais de grande respeito têm corroborado nossa afirmação da importância do Brasil como celeiro agrícola. Mais que isso, o modelo de produção agrícola que permitiu o sucesso brasileiro tem sido apontado como uma solução a ser adaptado a outros países, principalmente àqueles que ainda não alcançaram suas respectivas seguranças alimentares (HOW TO FEED..., 2010; THE MIRACLE OF..., 2010). A agricultura brasileira, entendida aqui como produtora de alimentos, fibras e energia, constitui-se em um dos setores mais dinâmicos da economia. Conforme dados do IBGE, envolve cerca de 5 milhões de propriedades rurais, 18 milhões de pessoas e cerca de 37 % dos empregos no País (2007). Em 2009, conforme a CNA/Cepea-USP/Mapa, contribuiu com 23 % do PIB nacional e é a principal fonte de divisas internacionais. Em 2010, segundo a SECEX (Secretaria de Comercio Exterior do Ministério Indústria e Comércio Exterior) gerou um saldo comercial de US\$ 61,5 bilhões, conforme mostrado na Figura 5. Na última década, as exportações agrícolas foram responsáveis por cerca de 40% das exportações brasileiras.

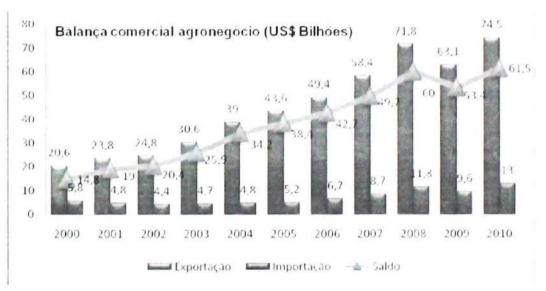
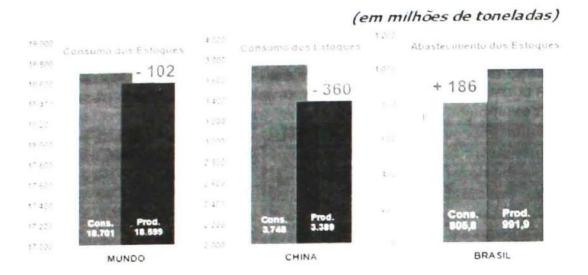


Figura 5: Evolução da balança comercial da agricultura brasileira no período 2000-2010. (SECEX).

Quando se avalia o papel do Brasil no suprimento de grãos para abastecer os estoques mundiais, fica evidente sua importância vital nesse mercado, conforme mostra a Figura 6. Ou seja, o Brasil produz excedentes vitais para o abastecimento dos estoques mundiais de grãos, exercendo, portanto, papel relevante no estabelecimento dos preços e do acesso aos alimentos, principalmente das populações mais pobres.

Produção x Consumo*: total do periodo (2000/01-2008/09)



Nota, "soja, milho, trigo, cevada, aveia e arroz

Figura 6: Consumo e produção de alimentos, em milhões de toneladas, para o período 2000/01-2008/09, para o mundo, China e Brasil, mostrando que o déficit mundial dos estoques só não foi maior graças aos excedentes produzidos pelo Brasil. Figura elaborada pela FGV-GV Agro. (RODRIGUES, R. Comunicação Pessoal).

Para efeito de ilustração das tendências da agricultura brasileira, para a década 2009/10-2019/20, no tocante à produção, consumo e exportação de alimentos, faz-se oportuno reproduzir parte do relatório apresentado pelo MAPA referente ao documento Projeções do Agronegócio 2010/11 a 2020/21 (BRASIL PROJEÇÕES..., 2011).

O trabalho Projeções do Agronegócio - Brasil 2009/10 a 2019/20 é uma visão prospectiva do setor, base para o planejamento estratégico do MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Para sua elaboração, foram consultados trabalhos de organizações brasileiras e internacionais, alguns deles baseados em modelos de projeções.

Resultados das projeções Brasil

Como o estudo é bastante extenso e abrange diversos setores da agricultura brasileira, optou-se por enfatizar, neste resumo, apenas as projeções da produção de carnes.

Carnes

As projeções de carnes para o Brasil mostram que esse setor deve apresentar intenso dinamismo nos próximos anos, apesar de ter havido um certo arrefecimento do setor com a crise econômica de 2008. Entre as carnes, as que se projetam com maiores taxas de crescimento da produção no período 2009/2010 a 2019/2020 são a de frango, que deve crescer anualmente a 3,64%, e a bovina, cujo crescimento projetado para esse período é de 2,15% ao ano. Por último, a produção de carne suína tem um crescimento projetado de 2,0% ao ano, o que também representa um valor relativamente elevado, pois consegue atender ao consumo doméstico e às exportações (BRASIL PROJEÇÕES..., 2011).

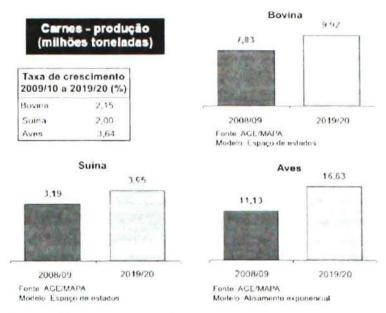


Figura 7: Produção brasileira de carnes bovina, suína e de aves, prevista para o período 2009/10 a 2019/20, em milhões de toneladas e respectivas taxas de crescimento, em %. (BRASIL PROJEÇÕES..., 2011).

As projeções do consumo mostram preferência crescente dos consumidores brasileiros pela carne de frango, cujo crescimento projetado é de 3,23% ao ano no período 2009/2010 a 2019/2020. Isso significa um consumo interno de 10,9 milhões de toneladas daqui a 11 anos. A carne bovina assume o segundo lugar no aumento do consumo com uma taxa anual projetada de 1,94%, entre 2009/10 a 2019/2020. Em nível inferior de crescimento, situa-se a projeção do consumo de carne suína, de 1,77% ao ano para os próximos anos (BRASIL PROJEÇÕES..., 2011).

As carnes situam-se num grupo de alimentos que apresentam elevada elasticidade renda do consumo. Significa que o aumento de renda se reflete, em geralmente, elevado aumento do consumo. A carne bovina de primeira apresenta elasticidade renda de 0,52%, indicando que se a renda se elevar em 10%, o consumo se eleva em 5,2%. Para a carne de frango, esse efeito é menor, pois a elasticidade renda do consumo é de 0,178 (HOFFMANN, 2007).

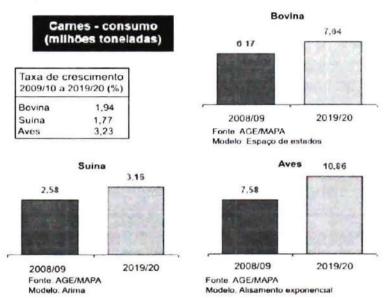


Figura 8: Consumo brasileiro de carnes bovina, suína e de aves, previsto para o período 2009/10 a 2019/20, em milhões de toneladas e respectivas taxas de crescimento, em % (BRASIL PROJEÇÕES..., 2011).

Quanto às exportações, as projeções indicam elevadas taxas de crescimento para os três tipos de carnes analisados. As estimativas realizadas pela AGE-MAPA projetam um quadro favorável para as exportações brasileiras de carnes. As carnes de frango e de bovinos lideram as taxas de crescimento anual das exportações para os próximos anos - a taxa anual prevista para carne de frango é de 4,16%, e para a carne bovina, de 3,9%; as exportações de carne suína devem situar-se numa média anual de 2,81%.

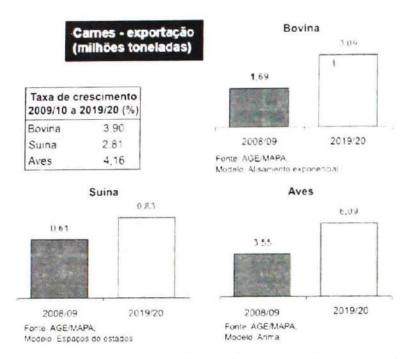


Figura 9: Exportações brasileiras de carnes bovina, suína e de aves, prevista para o período 2009/10 a 2019/20, em milhões de toneladas e respectivas taxas de crescimento, em % (BRASIL PROJEÇÕES..., 2011).

A expansão prevista das exportações de carnes pelo Brasil nos coloca em posição de muito destaque no comércio mundial. O país deverá manter a liderança de principal exportador de carnes, bovina e de frango, bem como manter seu terceiro ou quarto lugar nas exportações de carne suína. Em 2019/2020 as relações Exportação do Brasil/Comércio mundial, devem representar: carne bovina, 42,7% do comércio mundial; carne suína, 16,0% do comércio mundial; carne de frango, 70,0% do mercado mundial (BRASIL PROJEÇÕES..., 2011).

Parte III – O imperativo e a realização de uma nova Revolução Agrícola, agora também socioambiental, alicerçada nos pilares das Ciências e Tecnologias Convergentes.

A civilização humana, ao longo de sua existência, tem convivido com vários problemas e superado muitos deles. Também, deve-se contemplar o fato de que o homem tem sido responsável por criar alguns deles. Dentre os problemas existentes em escala mundial, poderíamos destacar três deles ainda sem solução: o da fome (antigo), o da governança mundial (recente) e o do meio ambiente (recente). O da fome passa pela produção, pela disponibilidade e pelo acesso aos alimentos. Não basta a existência do alimento em quantidade e qualidade, mas é preciso viabilizar sua distribuição, via preços ou políticas sociais, de modo que chegue à mesa de todos aqueles que dele necessitem. O da governança passa pelo entendimento entre povos, países e pela construção, reforma e reconstrução de organismos e arranjos internacionais que sejam representativos da vontade democrática dos respectivos povos e países, ao mesmo tempo, que consigam operar soluções. Por exemplo, diminuir e até eliminar a fome e a subnutrição que, nos dias de hoje, segundo a FAO, atinge quase um sexto da população humana. No que tange à governança, o cenário atual exige, ainda, que as instituições se preparem para incluir em suas plataformas de gestão, além da busca contínua por eficiência e conformidade, a imprevisibilidade de eventos, os temas complexos, o diagnóstico de aumento crescente de crises e a participação de múltiplos parceiros. Tudo indica que, para se dar cabo a essa grande tarefa, cada país precisa primorosamente fazer sua "lição de casa". Mais que governo, é preciso governança, que considere e administre não só a dimensão vertical da autoridade, mas também a dimensão horizontal da inteligência e do poder coletivos emanados da sociedade. Por uma razão ou outra, propõe-se, com urgência, a criação, no país, de uma nova área da Ciência, da Engenharia e da Gestão: a dos Sistemas Complexos (CRESTANA; FRAGALLE, 2011).

Uma outra face do desafio nacional (CRESTANA; FRAGALLE, 2011) e global consiste em encontrar soluções sustentáveis, do ponto de vista ambiental, que permitam conciliar desenvolvimento com conservação dos recursos naturais. Vale lembrar que a comunidade científica tem produzido sucessivos alertas quanto aos "limites críticos" que vários indicadores ambientais já teriam atingindo. O que significa reconhecer que o planeta Terra tem capacidade limitada, finita em dar respostas às crescentes demandas humanas e que estas já estariam ultrapassando tal capacidade. Dizendo de outra maneira, a Terra, como sistema socioambiental, possui limites quanto à sua capacidade em responder de maneira elástica às pressões e estresses sobre seus recursos naturais. A essa capacidade (ou falta de) atribuem-se palavras como biocapacidade, resiliência ou mesmo "pegada humana". Resiliência, no sentido do sistema ser capaz de absorver as pressões e retornar, depois de um determinado tempo, ao seu estado anterior às pressões. Mede-se ou estima-se a resiliência de um sistema através de indicadores. No caso do ecossistema Terra, admite-se que os indicadores globais, como taxa de perda da biodiversidade, mudanças climáticas e ciclos de nitrogênio e fósforo, já teriam atingido limites críticos. Ou seja, o sistema atingiu uma condição inelástica que não permite, por conta própria, retornar ao estado inicial. E já estaríamos nos aproximando dos limites críticos no tocante aos indicadores como uso de água potável, alterações do uso do solo, acidificação dos oceanos e poluição química, como que por aerossóis atmosféricos (ROCKSTRÖM et al., 2009). A pressão para viabilizar as atividades agropecuárias, florestais e agroenergéticas tem se tornado, ao longo do tempo, cada vez mais intensas. Uma evidência disso é considerar o indicador terra agricultável per capita. Conforme a FAO, em 1950, para uma população de 2.8 bilhões de habitantes existiam cerca de 5.100 metros quadrados de área agricultável para cada habitante, em 2000, para uma população de 6.0 bilhões de habitantes esse indicador se reduzia a 2.700 metros quadrados e, em 2050, para uma população de 9.0 bilhões, o mesmo indicador deve se reduzir a 2.000 metros quadrados.

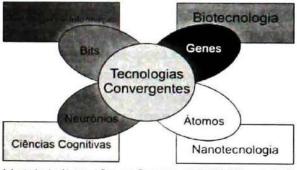
O progresso tecnológico obtido na agricultura nos dois últimos séculos baseou-se na monodisciplinariedade, quando as disciplinas da química, da biologia, da genética, da engenharia das máquinas e dos equipamentos foram aplicadas isoladamente, sem integração. No século passado, foi graças

à Revolução Verde, baseada em tecnologia, que as previsões catastróficas de Malthus foram impedidas de se concretizarem. Para conciliar a crescente demanda atual de alimentos com a crescente escassez de recursos naturais, é preciso fazer uma segunda Revolução Verde. Mas, desta vez, ela precisa ser muito mais verde e socialmente muito mais inclusiva, portanto muito mais sustentável do ponto de vista sócio-econômico-ambiental. O ingrediente básico de uma possível "Revolução agro-sócio-ambiental", certamente dependerá do trabalho interdisciplinar e transdisciplinar, cerne das Tecnologias Convergentes (Figura 10). Novos paradigmas poderão ser atingidos na próxima década e meia, graças às sinergias inéditas da interação dos quatro pilares fundamentais: átomos, genes, bits e neurônios e suas respectivas ciências e tecnologias daí derivadas.

Por exemplo, a nanociência e a nanotecnologia, Ciência e Tecnologia que lidam com o mundo na dimensão atômica e molecular, pertencem às Tecnologias Convergentes. (uma descrição um pouco mais detalhada pode ser encontrada no Apêndice 2). É como se pudéssemos modelar o futuro, átomo por átomo. Nessa escala, a matéria apresenta propriedades físicas únicas que fazem com que novas aplicações sejam possíveis. Produtos que empregam matérias-primas nanoscópicas já estão surgindo no Brasil, tais como a "Língua Eletrônica", desenvolvida pela Embrapa Instrumentação, no Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio, em São Carlos (SP) – que coloca o País na vanguarda do setor - capaz de detectar sabores (doce, salgado, amargo e azedo).

Apesar de já ter inovações decorrentes das tecnologias convergentes, o Brasil praticamente ainda não debateu esse tema, embora os Estados Unidos já o tenham feito em 2002 e a Europa em 2004. O País e o Mundo não podem prescindir do que há de novo, exaurindo os potenciais e as sinergias propiciadas pela Nanotecnologia, Ciências Cognitivas, Biotecnologia e Tecnologia da Informação, conforme ilustrado na Figura 10. Não é racional acreditar em remédio para os problemas atuais se a Ciência & Inovação, apoiadas por fortes programas de educação, não forem usadas nos seus limites máximos, radicalizando a aplicação do melhor que elas têm a oferecer (CRESTANA; FRAGALLE, 2011).

Tecnologias convergentes



Adaptado de National Science Foundation NSF/DOC Report , 2003

Figura 10: Ilustração esquemática dos quatro elementos básicos (bits, genes, átomos e neurônios) e das ciências e tecnologias daí derivadas, convergindo para o mesmo fim e podendo gerar sinergias inéditas. Adaptado de National Science Foundation NSF/DOC Report, 2003 (ROCO; BAINBRIDGE, 2003).

A ciência agrícola brasileira tem produzido evidências de que um novo patamar de desenvolvimento agrícola sustentável pode ser atingido. A Figura 11 ilustra, à semelhança de um chip de computador, que o conhecimento pode ser "empacotado", "embutido" ou "incorporado" em uma semente fazendo com que ela carregue valores essenciais como ganhos de produtividade e lucratividade, tornando-a competitiva no mercado de sementes. À medida que os parâmetros ambientais de sustentabilidade dos sistemas de produção

agropecuários forem se tornando relevantes, não há por que duvidar de que também poderão ser incorporados, através do concurso da pesquisa e da inovação. Parâmetros tais quais os ciclos de vida do produto, o consumo de água ("pegada hídrica"), as emissões de gases do efeito estufa, o consumo de energia, dentre outros desejáveis.

Inovação e tecnologia na agricultura

Carte variants Constitutes Co

Semente: chip da pesquisa e tecnologia agropecuária

Figura 11: Ilustração artística de uma semente de soja, à semelhança de um chip de computador, onde são incorporados vários fatores que a ela agregam valor, tornando-a viável do ponto de vista da sua produtividade e lucratividade.

Foi graças ao concurso da ciência e da inovação, assim como à gestão competente dos agricultores e de políticas públicas apropriadas, aplicadas e incorporadas aos ecossistemas tropicais, que o Brasil conseguiu realizar, nas últimas décadas, uma verdadeira revolução silenciosa capaz de contribuir para o mundo com uma segunda safra, a safra tropical. Além da tamanha competitividade alcançada pelos produtos agrícolas brasileiros, a Figura 12 ilustra a área e a produção de grãos brasileiras, no período 2003/04 e 2010/11. Fica evidente que a produção tem crescido, apesar de pequenas oscilações, praticamente na mesma área, o que significa que os ganhos de produtividade tem sido, em média, crescentes. Interpretando-se de outra maneira, tais resultados, do ponto de vista agroambiental, se considerarmos as produtividades de algumas décadas atrás para produzir o que hoje colhemos, teríamos que praticamente dobrar a área plantada, avançando sobre novas áreas e ecossistemas mais frágeis. Portanto, ganho de produtividade levou a ganho ambiental no sentido de evitar tal avanço.

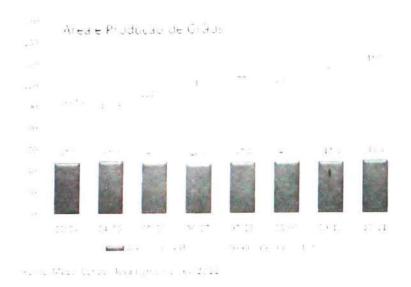
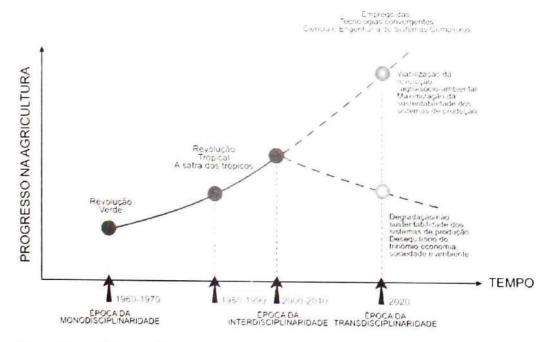


Figura 12: Área e produção de grãos, no Brasil, respectivamente em milhões de hectares e milhões de toneladas, no período 2003/04 e 2010/11 mostrando que a produção cresceu, praticamente ocupando a mesma área (MAPA/CONAB).

A Figura 13 esquematiza dois possíveis cenários dicotômicos para a agricultura, a partir da Revolução Verde, passando pela "Revolução Tropical" até chegar aos dias de hoje. Um cenário prevê que ganhos de produtividade crescentes acompanhados de ganhos sociais e ambientais deverão levar a um novo ciclo de progresso na agricultura. Um novo equilíbrio envolvendo a maximização da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola será alcançado, o que estamos denominando de "Revolução agro-socio-ambiental". Do ponto de vista do emprego das ciências e tecnologias, acredita-se que o uso das tecnologias convergentes e da ciência, tecnologia e gestão de sistemas complexos serão fundamentais. Contrariamente, o outro cenário prevê que o desequilíbrio do trinômio economia, sociedade e ambiente levará a uma degradação sucessiva dos sistemas de produção, inviabilizando a sustentabilidade e o progresso da agricultura. Como consequência desse cenário, indubitavelmente catastrófico, o espectro de Malthus voltará à tona, triunfante. E é por isso que deverá ser conscientemente evitado, a todo custo.



Arte gráfica: Valentim Monzane

Figura 13: Representação esquemática de dois cenários possíveis para as próximas décadas.

Parte IV - Principais Tendências Tecnológicas

Para a redação desta parte, lançamos mão de várias fontes e consultas como aos pesquisadores da Embrapa vinculados ao Labex-Europa, localizados nos laboratórios do INRA, em Dijon e Universidade de Bourgogne, na França e à Coordenação do Labex-EUA, localizada em Beltsville, Maryland, nos EUA, de quem recebemos excelentes contribuições. Também contamos com resultados recentes elaborados pelo projeto RIPA - Rede de Inovação e Prospecção Tecnológica para o Agronegócio, projeto que foi financiado com recursos do Fundo Setorial do Agronegócio e implementado gerencialmente pela FINEP (REDE DE INOVAÇÃO..., 2010). O relatório RIPA utilizou metodologia inédita, no país, especialmente formulada para produzir um levantamento da situação, das perspectivas e dos assuntos críticos para P. D&I na área de C&T de Alimentos. Foi realizado o Workshop Segurança, Qualidade e Tecnologia de Alimentos, em junho de 2007 além de Workshops regionais (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte). Três eixos foram considerados; qualidade (nutricional, funcional e sensorial), segurança (inocuidade) e tecnologia de alimentos para o consumidor (pós-colheita, processamento e acondicionamento de matérias-primas e alimentos processados de origem animal e vegetal). O levantamento das demandas tecnológicas, a avaliação de cenários e a priorização de grandes temas e projetos de interesse de cada região produziram listas de gargalos, desafios, vulnerabilidades e oportunidades regionais com indicação de grandes plataformas de C. T&I e de gestão. O portfólio de projetos contém 18 propostas, donde são relatados os temas, resumos e objetivos relacionados, segundo o tema e seus respectivos eixos. O relatório também contribui com uma lista de competências em Segurança, Qualidade e Tecnologia de Alimentos para o consumidor. Um bom exemplo de estruturação de plataforma de C, T&I, alcançado pelo projeto RIPA, pode ser obtido em Rosenthal et al. (2008).

A revista Agricultural Research traz um excelente artigo sobre mirtilos, propriedades terapêuticas e nutricionais e alguns desafios de pesquisa para os próximos 100 anos (LIKE BLUEBERRIES?, 2011). A mesma revista, em janeiro de 2011, à sua página 13, revela importante contribuição dos cientistas do USDA-ARS acerca de trabalho com cenouras e radiação ultravioleta. Os cientistas foram capazes de amplificar em até três vezes o valor antioxidante da cenoura. A exploração de produtos naturais para fins de nutrição e saúde tem ganho notoriedade. Um bom exemplo é o estudo da capacidade antirradical de 7 frutas do Nordeste brasileiro: açaí, acerola,mangaba,murici, umbu, uvaia e polpa de caju (RUFINO et al., 2009). Uma boa revisão sobre uso da biodiversidade neotropical na produção de fitoterápicos pode ser vista em Desmarchelier (2010). Outra boa revisão concernente a coberturas comestíveis sobre frutas frescas visando incorporar ingredientes ativos pode ser encontrada em Rojas-Graüa, (2009). Em Rawson et al. (2011) é apresentada uma revisão dos avanços recentes sobre os efeitos das tecnologias térmicas e não térmicas no conteúdo bioativo de frutas exóticas e seus derivados. Interessante artigo de Palzer (2009) avalia o indicador "estrutura do alimento" em função da nutrição, saúde e bem-estar. Pereira e Vicente (2010) avaliam o impacto ambiental de novas tecnologias térmicas e não térmicas no processamento de alimentos. Tendências em embalagem de alimentos e sistemas e tecnologia de manufatura estão bem tratados por Mahalik e Nambiar (2010). Sloan (2011) apresenta, de modo muito interessante e didático, as dez principais tendências da indústria de alimentos para 2011 e para os próximos anos. Dentre tais tendências, incluem-se três refeições ao dia, mais pratos feitos em casa e uma tentativa quase desesperada de obter alimentos os mais próximos possíveis dos "reais". Frutas e hortaliças têm sido propaladas como elementoschave para uma dieta saudável. A Organização Mundial da Saúde (OMS) confirma isso e apresenta interessante sítio na web: Prevenindo doenças não-infecciosas e promovendo o consumo de frutas e hortaliças (WORLD HEALTH ORGANIZATION, c2011). Apresenta também o relatório Global Status report on noncommunicable diseases 2010, que faz uma análise global para vários países e traz recomendações que envolvem dietas alimentares, fatores de risco e doenças. Na mesma linha, o documento produzido pela Fundação Produce for Better Health, 2010 GAP Analysis discute o desafio do consumo de frutas e verduras e as políticas públicas de nutrição e saúde americanas, mostrando o "gap" entre o necessário e o praticado, entre o que se fala e o que se implementa, efetivamente (ROSENFELD, 2010). No Brasil, a revista Fundepag & Negócios traz matéria atual sobre a alimentação do brasileiro em 2020 e as tendências para pesquisa e investimento que desafiam as pequenas, médias e grandes empresas, visando suprir as demandas dos consumidores nos próximos anos (LEONE, 2011). Cabe grande destaque o documento gerado pela FIESP e pelo ITAL publicado em 2010 (BRASIL FOOD..., 2010). Encomendada pela FIESP, o documento também inclui resultados de pesquisa com consumidores brasileiros, realizada pelo IBOPE, de âmbito nacional, especialmente dedicada aos objetivos do projeto Brasil Food Trends 2020 (BARBOSA et al., 2010). Por estar completamente apropriado aos fins deste capítulo, será apresentado, em seguida, um resumo de suas principais partes, com ênfase em Processos e Tecnologias Inovadoras.

1. Alguns destaques do documento Brasil Food Trends 2020 relevantes ao escopo do capítulo

As recentes exigências e tendências dos consumidores mundiais de alimentos, baseadas em análise de relatórios estratégicos produzidos por institutos de referência, foram agrupadas em cinco categorias (Quadro 1):

- 1. Sensorialidade e Prazer
- 2. Saudabilidade e Bem-Estar
- 3. Conveniência e Praticidade
- 4. Confiabilidade e Qualidade
- 5. Sustentabilidade e Ética

Quadro 1: As tendências da alimentação

As tendências

As tendências

TENDÉNCIAS DA ALIMENTAÇÃO

População

Urbanização
e Informação

Estrutura Etária

Qualidade e Confiabilidade

Renda

As tendências

continua...

Produtos com embalagens e design diferenciados

Recuperação de culinar as regionais e tradicionais.

- Lazer e turismo em torno da alimentação (circuitos e polos gastronómicos)

- Harmonização de alimentos e betidas

Socialização em torno da alimentação

· Produtos diet inhi

Produtos orgánicos

Produtos energeticos

· Produtos para esportistas

- Produtos minimamente processados

- Produtos com propriedades cosméticas

- Produtos e embalagens lúdicas e interativas

da alimentação

EXEMPLOS DE CARACTERÍSTICAS VALORIZADAS PELOS CONSUMIDORES EM DIFERENTES PAÍSES

- Valenzação da cul nâna e da gastronomia
- Produtes com maior valor agregado (gourmet, iguarias, premium, del catesson)
- Variação de sabores
- Produtes com torte apelo sensorial
- Produtos com apelo a indulgência.
- Alimentos exóticos
- Cuinana de regiões especificas (produtos étricos)
- Produtos beneficos ao desempenho fisico e menta;
- Produtos beneficos à saude cardiovascular
- Produtos beneficos à saude gastrointestinal (probióticos, prebioticos e simbioticos)
- Produtos para dietas específicas e alergias al mentares
- Produtos com aditivos e ingredientes naturais
- Alimentos de alto valor nutritivo agregado (funcionais)
- Produtos isentos ou com teores reduzidos de sal, acúcar e gorduras (better-for-you)
- Produtos fortificados
- Pratos prontos e semiprontos
- Produtos minimamente processados
- Alimentos de fácil preparo
- Embalagens de facil abenura, fechamento e desvarte
- Produtos para forno e microondas
- Kits para preparo de refeições

- Produtos em pequenas porções (snacking, finger food). Produtos embalados cara consumo individual improdoses.

Produtos vegetais (frutas, hortalicas, flores e plantas medicinais)

- Produtos com selos de qualidade de sociedades médicas

- Produtos adequados para comer em trânsito
- Produtos adequados para consumo em diferentes lugares e situações
- Servicos e produtos de delivery

- Produtos com rastreabilidade e garantia de origem
- Processos seguros de produção e distribuição
- Processos de gerenciamento de riscos
- Certificados e selos de qualidade e segurança
- Rotulagem informativa

- Produtos com credibilidade de nmarca
- Processos com tecnologias de ponta (nano e biotecnologia, radiotrequência etc.)
- Embalagens ativas e inteligentes
- Boas práticas de fabricação
- Produtos e serviços padronizados

- Produtos de empresas sustentáveis
- Empresas com programas avaliados e certificados de responsabilidade socio-ambiental
- Produtos com menor "pegada" de carbono (carbon footprint)
- Produtos de baixo impacto ambiental
- Produtos associados ao bem-estar animal
- Rotulagem ambiental e social
- Produtos de sistema fairtrade
- Embalagens recicláveis e recicladas

- Revalonzação de materiais
- Processos com utilização de fontes renovaveis
- Gerenciamento de residuos e emissões
- Certificações e selos ambientais
- Produtos vinculados a causas sociais e ambientais
- Produtos e embalagens racionalizados
- Processos produtivos sustentáveis
- Processos eficientes

Os desafios de inovação são vários: desde adequação de produtos e serviços aos novos hábitos de compra dos indivíduos (REGO, 2010), ao uso de ingredientes orgânicos e inorgânicos visando aumentar a vida útil dos produtos e torná-los mais saudáveis e atraentes sensorialmente (VIALTA, 2010), nas embalagens, podendo determinar onde e quando o alimento será consumido (SARANTÓPOULOS et al., 2010) ou, ainda, como as tecnologias e inovações podem alterar os vários processos utilizados nas diversas fases da indústria de alimentos (RIBEIRO, 2010). Daremos ênfase a esse último quesito.

2. Processos e Tecnologias Inovadoras

Este tópico relaciona os processos alimentícios com as tendências apontadas no BFT 2020, considerando suas características e vantagens, no que diz respeito à manutenção ou melhora dos aspectos sensoriais, ao valor nutricional do produto, à capacidade de destruir microrganismos patogênicos e

deteriorantes, além do baixo consumo energético, da fácil operação e das práticas sustentáveis. As seguintes tecnologias consideradas inovadoras pelo setor foram selecionadas: ultrassom, radiação ultravioleta, radiofrequência, micro-ondas, pulso elétrico, irradiação, aquecimento ôhmico, alta pressão, secagem supercrítica, separação por membranas, automação e controle de processos. Uma descrição abreviada de cada uma delas será apresentada em seguida.

Ultrassom

Ultrassom de alta potência tornou-se uma alternativa para várias etapas do processamento tradicional de alimentos, como, por exemplo, homogeneização, moagem, mistura com alto cisalhamento, pasteurização e separação sólido-líquido. Pode também ser utilizado para aumentar a eficiência de processos tradicionais, como filtração-peneiramento, extração, cristalização e fermentação. Há um interesse crescente no processamento por ultrassom em razão de seus efeitos promissores na preservação de alimentos, tais como rendimentos mais elevados, queda nos custos de operação e manutenção, promoção do sabor, da textura, do aroma, da cor e da redução de microrganismos patogênicos podendo, portanto, melhorar a qualidade e a segurança de produtos com novas funcionalidades.

Radiações Eletromagnéticas

Ultravioleta para eliminação dos agentes deteriorantes dos alimentos em baixas temperaturas. A radiação ultravioleta compreende a faixa de espectro de 100 a 400 nm. A radiação UV é germicida, apresentando maior eficácia entre 250 e 270 nm. O comprimento de onda de 254 nm é utilizado para desinfecção de superfícies e de líquidos, como água, sucos e néctares de frutas. Sucos de frutas submetidos à pasteurização ou esterilização térmica tendem a mudar de cor e perder alguns de seus aromas e vitaminas, enquanto os sucos tratados com UV mantêm o aroma e a cor. A presença de células e fibras em suspensão protege os microrganismos da radiação UV, requerendo doses mais elevadas para a sua destruição no produto. A otimização dos parâmetros para cada líquido tratado é essencial para garantir a máxima redução da carga microbiana, sem afetar o sabor do produto.

Aquecimento infravermelho, micro-ondas e radiofrequência: efeitos nas características dos alimentos

No aquecimento infravermelho, o calor é gerado na superfície do alimento, principalmente por radiação e conveção e, em menor intensidade, por condução. Esse tipo de processo é mais utilizado para modificar as características sensoriais do alimento, como cor, sabor e aroma, e não com a finalidade de preservá-lo. A condutividade térmica do alimento é um fator limitante no aquecimento infravermelho.

Na radiofrequência, trabalha-se na faixa d e 300 a 30.000 MHZ e em micro-ondas, de 1 a 300 MHZ. Esses processos são utilizados para a conservação de alimentos. A utilização de micro-ondas apenas e de processos combinados para a secagem de alimento resulta na necessidade de menor tempo de secagem, produtos com maior qualidade e flexibilidade na fabricação. Entretanto, até o momento, as aplicações se restringem à desidratação de frutas e hortaliças em pequena escala, devido ao custo de instalação e manutenção.

Pulso elétrico (PFE): tecnologia compatível com a crescente procura dos consumidores por alimentos mais frescos

A tecnologia de PFE tem recebido considerável atenção por sua capacidade de inativar enzimas e microrganismos. Os pulsos gerados são da ordem de microssegundos, com rápida ciclização (5 a 10 Hz). Campos elétricos de pulsos de curta duração (1-100 microssegundos) e alta intensidade (10-50kV/cm) são aplicados em alimentos por meio de eletrodos. As células microbianas expostas a esses campos têm suas membranas perfuradas, resultando na sua inativação ou morte. Em contraste com os tratamentos térmicos

tradicionais utilizados para a inativação microbiana, métodos nãotérmicos emergentes como PFE preservam mais as características sensoriais, o valor nutricional e as propriedades funcionais dos alimentos. Irradiação: método efetivo de aumento do tempo de vida útil de alimentos e de garantia de segurança

O processo de irradiação de alimentos utiliza radiações ionizantes na forma de raios gama, raios X e elétrons, cuja energia é absorvida pela água ou outras molécula constituintes dos alimentos. Nesse processo, microrganismos, parasitas, insetos, ovos e larvas são destruídos ou inativados, garantindo a segurança, bem como a vida útil dos alimentos. A irradiação é aplicada há muito tempo em especiarias e temperos para a inativação de microrganismos. No Brasil, a irradiação foi aprovada para uso em alimentos em 1973, sendo revisada e ampliada em 2001. Mesmo aprovada e recomendada, a irradiação permanece subutilizada. A utilização é limitada pelo alto custo das instalações e pela baixa aceitabilidade da tecnologia por parte do consumidor, temerosos, principalmente devido à falta de conhecimento sobre a energia nuclear.

Aquecimento ôhmico: utiliza a resistência elétrica dos alimentos para convertê-la em calor

No aquecimento ôhmico, também denominado Joule ou aquecimento por resistência elétrica, a passagem de uma corrente elétrica através do alimento provoca o seu aquecimento. Esse processo difere dos outros métodos elétricos de aquecimento devido à presença de eletrodos, à frequência aplicada e ao comprimento de onda utilizado. É considerado um processo mais eficiente que o de micro-ondas, porque quase toda a energia que penetra o alimento é transformada em calor. O processo pode ser empregado para tratamentos equivalentes às UHT ou UAT (Ultra Altas temperaturas), principalmente em alimentos contendo partículas grandes e difíceis de ser esterilizadas por outros processos, sendo utilizado na Europa, nos Estados Unidos e no Japão para o processamento asséptico de refeições prontas de alto valor agregado, que depois podem ser armazenadas em temperatura ambiente. O aquecimento ôhmico também gera produtos mais estáveis, uniformes e com menores alterações sensoriais e nutricionais, quando comparado com os métodos tradicionais de tratamento térmico. Suas principais desvantagens são o alto custo de instalação e a falta de conhecimento ou de processos de validação.

Alta pressão: destruição de microrganismos patogênicos e modificação da textura de alimentos

No processo de alta pressão, o alimento é submetido a pressões de 100 a 1000 MPa, com ou sem a aplicação de calor, com o objetivo de gerar produtos mais atraentes para o consumidor, uma vez que, além de destruir os microrganismos, altera as características do produto, principalmente a sua textura. A maior parte dos trabalhos científicos publicados mostra que os efeitos benéficos da alta pressão tornam-se evidentes quando são utilizadas pressões maiores que 400 MPa. As células vegetativas dos microrganismos são inativadas por pressões entre 400 e 600 MPa. É necessário aplicar pressões mais elevadas (maiores que 800 MPa) para garantir a destruição de esporos bacterianos. Contrastando com os tratamentos em altas temperaturas e de irradiação, o tratamento por alta pressão tem baixo consumo energético, não provocando a quebra de ligações covalentes e a formação de novos compostos. Em função disso, não ocorrem perdas nutricionais ou de componentes aromáticos. A estrutura física de produtos com alto teor de umidade permanece inalterada após o tratamento com alta pressão, porque não são geradas forças de cisalhamento pela pressão hidrostática e os fluidos são de natureza isotrópica. Em produtos contendo gás, a cor e a textura podem ser alteradas devido ao deslocamento do gás e infiltração de líquidos. A aplicação de alta pressão aos alimentos pode afetar ligações químicas responsáveis pela estrutura de grandes moléculas, como proteínas, amido e pectina. Nesse processo, é possível modificar a estrutura de proteínas e, consequentemente, sua funcionalidade, solidificar lipídeos, romper biomembranas, inativar enzimas e controlar a gelificação de amido e pectina em soluções concentradas. A tecnologia de alta pressão destacase dentre as tecnologias emergentes por apresentar diversas plantas de processamento de alimentos instaladas

e muitos grupos de pesquisa trabalhando com o assunto ao redor do mundo.

Secagem supercrítica para promover a qualidade do produto

Na secagem convencional, as temperaturas usadas variam de 65°C a 85°C, podendo provocar danos estruturais e afetar negativamente a cor, textura, aroma e valor nutricional do produto, influenciando a sua qualidade. Normalmente, o produto desidratado não é de boa qualidade, pois pode resultar em produtos de baixa porosidade e de alta densidade aparente. Embora existam várias alternativas à secagem, como microondas, liofilização e secagem a vácuo, nenhuma é ideal em todos os aspectos. No caso da secagem supercrítica, os produtos apresentam qualidade superior. A principal razão é que as interfaces vapor-líquido podem ser evitadas. Dessa forma não ocorre a tensão induzida nos capilares, observada na secagem convencional, ajudando a manter a estrutura. Além disso, o CO2 apresenta uma temperatura crítica baixa (31,1°C), constituindo-se em outra vantagem sobre a secagem convencional.

Processos de separação por membranas: úteis na concentração e fracionamento de alimentos

Esses processos apresentam menos consumo energético, maior eficiência de separação e resultam em produtos finais de maior qualidade. Dentre os processos de separação por membranas, a ultrafiltração é o que mais se destaca. Ela é a mais utilizada na indústria de alimentos, seguida pela microfiltração e, em menor escala, pela osmose inversa e nanofiltração. A força motriz dos processos de separação por membranas é a pressão hidráulica e eles podem se operados em baixa temperaturas de forma contínua e automatizada. Esses processos permitem uma separação ou concentração seletiva dos componentes de fluidos alimentícios, sem mudança de fase.O potencial de aplicação desses processos compreende desde a clarificação e concentração de sucos, clarificação de vinhos e concentração seletiva de proteínas, como, por exemplo, proteínas do soro, da soja, gelatina e da clara de ovo, refino de óleos, até o tratamento de resíduos.

3. Perspectivas para processos no Brasil em 2020

Em função das tendências alimentares em 2020, Ribeiro (2010) destaca algumas funções estratégicas que os processos deverão desempenhar:

Melhora da qualidade sensorial
Conservação e manutenção do frescor dos alimentos
Preservação do valor nutricional
Maior praticidade dos produtos e flexibilidade para consumo
Redução de resíduos e perdas
Aumento da produtividade e flexibilidade na produção
Melhora da segurança dos alimentos
Sistemas de controle mais eficientes
Sustentabilidade

De forma resumida, reproduzem-se, no Quadro 2, conforme Ribeiro (2010), as relações destacadas no Brasil food trends 2020, entre as tecnologias emergentes e as tendências alimentares (BRASIL FOOD..., 2010).

Quadro 2: Relação entre tendências e tecnologias emergentes

Relação entre tendências

		riciação entre teridericias					
TENDÉNCIAS BTF2020	Sensorialidade e Prazer	Saudabilidade e Bem-estar	Conveniência e Praticidade	Confiabilidade e Qualidade	Sustentabilidade e Ética		
Qualidade desejada	Manutenção ou melhoria das características organolépticas.	Manutenção ou aumento do valor nutricional do produto.	Fácil manutenção e operação.	Destruição de microrganismos patogênicos e inativação de enzimas indesejáveis. Aceito pelos consumidores e órgãos legislatórios	Baixo consumo energetico, isento de produção de residuos e de poder poluente.		
Ultrassom	Promoção do sabor, textura, aroma e cor do produto	Preservação do valor nutricional Redução de ingredientes, tornando as formulações mais simples.	Novos produtos com funcionalidades únicas.	Redução de microrganismos patogênicos em temperaturas mais baixas	Rendimentos mais elevados. Menor tempo de processo. Baixos custos de operação energéticos e manutenção.		
Radiação ultravioleta	Maior retenção de aroma e sabor do produto.	Produção de alimentos sem conservantes. Preservação de vitaminas.	Permite a elaboração de produtos prontos para o consumo.	Segurança do processo	Redução do consumo energetico. Utilização de baixas temperaturas.		
Radiofrequência	Necessita de mais estudos.	Necessita de mais estudos.	Permite o rápido aquecimento, ideal para alimentos solidos.	Destruição de microrganismos.	Redução do tempo de processo e do consumo energético		
Microondas	Necessita de mais estudos.	Necessita de mais estudos.	Tratamento de alimentos prontos para o consumo em nível industrial e domestico.	Mais estudos com relação à cinética de destruição de microrganismos.	Redução do tempo de processo e do consumo energetico		
Pulso elétrico	Preservação das caracteristicas sensoriais e das propriedades funcionais.	Retenção de componentes nutricionais e do seu valor funcional.	Tratamento de produtos liquidos.	Destruição de microrganismos sem aquecimento significativo do produto.	Menor consumo energetico.		

continua...

4. Algumas aplicações de ciência, inovação e instrumentação avançadas em frutas e hortaliças

Maior eficiencia de processos. Aumento da competitividade.

Automação e controle

de processos

Conforme apresentado no item IV, Principais Tendências Tecnológicas, o emprego das tecnologias convergentes, assim como outras tecnologias da fronteira do conhecimento científico, abre caminho para novas aplicações aos alimentos, frutas e hortaliças. A título de exemplo, por estar muito apropriado ao contexto deste capítulo, reproduz-se, no Apêndice 1, o texto "Frutas refeitas" publicado por Carlos Fioravanti (FIORAVANTI, 2011), relatando pesquisas em curso a cabo de pesquisadores da Embrapa Agroindústria Tropical e Universidade Federal do Ceará. Uma das expectativas tecnológicas importantes relatadas em BFT2020 (RIBEIRO, 2010) refere-se à automação e controle de processos como elemento essencial para tornar as indústrias de alimentos mais competitivas e eficientes.

Dentre as tecnologias de automação e controle mais importantes, estão a biotecnologia, a tecnologia de informação e comunicação, a identificação por radiofrequência, a robótica, os sistemas eletrônicos que empregam biossensores, dentre outros. O desenvolvimento de sistemas robóticos complexos para a indústria de alimentos, com base nas informações fornecidas pelos sensores, é a principal mudança tecnológica. Eles são parte dos sistemas de controle de produção contribuindo para torná-los mais eficientes. Há sensores de alta resolução que fornecem informações da estrutura do alimento *on line* e sensores que permitem o controle de variáveis de processo *in loco* e sob diferentes condições (pH no processo de alta pressão ou temperatura no de pulsos elétricos). Acredita-se que os métodos de inteligência artificial poderão ser utilizados para a aquisição de dados e aplicação de sensores em rede para monitorar flutuações de qualidade e segurança na cadeia de suprimentos.

As frutas e hortaliças são bastante afetadas por perdas durante a colheita e pós-colheita, levando os produtores, distribuidores e comerciantes a grandes prejuízos e comprometendo a qualidade de seus produtos, do ponto de vista dos consumidores finais. Vários parâmetros de qualidade precisam ser atingidos, do campo à prateleira do supermercado, envolvendo não somente a produção em si, mas também o acondicionamento, o transporte, a conservação. A firmeza, o turgor, o ponto ótimo de colheita de frutas e hortaliças são exemplos. A técnica de aplanação, utilizando equipamentos simples, práticos e confiáveis, permite medidas não destrutivas de firmeza (CALBO; NERY, 1995; CALBO et al., 1995). Também muito criativa é a adaptação do método da aplanação para o desenvolvimento de um instrumento portátil, testado em hortaliças, para estimar a pressão de turgor em folhas (CALBO et al., 2010). Uma descrição bastante acessível da fisiologia e equipamentos de medição utilizados na avaliação de danos mecânicos em frutas e hortaliças pode ser encontrada em Calbo (2008). Na linha de automação e controle, o uso de equipamentos, máquinas e aplicações de metodologias que possam simplificar, otimizar, controlar e melhorar a eficiência do sistema de colheita e beneficiamento, há muitos progressos, conforme pode ser conferido em Ferreira (2008), Ferreira e Silva (2010), Ferreira (2007) e Oliveira et al. (2006). No tocante à padronização de frutas e hortaliças, Ferreira (2007) apresenta os desafios e perspectivas das máquinas de classificação no Brasil. Diferenças entre mercados internos e externos acabam estabelecendo condicionantes tecnológicos e comerciais para a melhoria da conservação do produto após a colheita, conforme pode ser visto em Ferreira e Silva (2010).

Na fronteira tecnológica, encontram-se, em pleno desenvolvimento, sensores de baixo custo que têm como uma de suas aplicações a medida do grau de amadurecimento de frutas e seu monitoramento. Testado em bananas, destaca-se um sistema artificial, chamado nariz eletrônico, que consiste de mecanismos de detecção química e de reconhecimento de padrões. Um conjunto de sensores eletrônicos permite reconhecer a emissão, pelos frutos, de compostos químicos específicos, como compostos orgânicos voláteis, através de testes rápidos. Tais sensores podem ser fabricados utilizando-se polímeros condutores e a deposição sobre eles de finas camadas de materiais sensíveis a gases (MANZOLI et al., 2011; STEFFENS et al., 2009; STEFFENS et al., 2010).

Outro trabalho recente empregou fragmentos de bananas e a técnica de espectroscopia por ressonância magnética nuclear para verificar as mudanças do estado da água no interior do fruto, em função de seu amadurecimento (RIBEIRO et al., 2010). Na direção de se produzir filmes comestíveis que incorporem nanopartículas (Figura 14), oriundas de proteínas, polisacarídeos e lipídios e, ainda, que sejam biodegradáveis, constitui uma importante área de pesquisa e inovação que deverá impactar, nos próximos anos, a indústria de alimentos, e possivelmente, processos envolvidos na colheita e pós-colheita de frutas e hortaliças. Melhorar a qualidade dos alimentos e aumentar seus tempos de prateleira é um desses grandes objetivos. Moura et al. (2008) mostraram melhorias nas propriedades mecânicas e também na diminuição da porosidade de filmes impregnados com nanopartículas de quitosana, uma proteína natural extraída de crustáceos. A construção de filmes comestíveis à base de purês de frutas, legumes e concentrados tem sido estudada com vistas a melhorar as propriedades de tais filmes para o recobrimento e proteção de alimentos. Azeredo et al. (2009) mostram que isso é possível utilizando-se filmes comestíveis baseados em

nanocompósitos que contêm purê de manga reforçados por nanofibras de celulose. A técnica de espectroscopia de alta resolução baseada na ressonância magnética nuclear do hidrogênio foi utilizada para investigar a oxidação do óleo presente em castanhas de macadâmia submetidas a diferentes tratamentos de superfície (COLZATO et al., 2010). A superfície de castanhas descascadas de macadâmia receberam diversos tratamentos à base de zeínas, proteínas extraídas do milho, de modo a criar finas camadas (filmes) em suas superfícies. Com isso foi possível constatar a eficiência das coberturas de zeínas quanto à capacidade de bloquear a oxidação do óleo de macadâmia. Tais coberturas mostraram-se invisíveis a olho nu, não mudaram a textura das castanhas recobertas, além de serem comestíveis e hidrofóbicas, funcionando como barreiras à entrada de oxigênio e vapor de água. Porém, o estudo mostra que há limites críticos nas formulações. Formulações das coberturas de zeína acima de certos valores resultaram em maiores taxas de oxidação comparativamente às amostras que não receberam tratamento de cobertura.



Figura 14: Nanotecnologia pode prorrogar o tempo de conservação de frutos. Pesquisa, em andamento, no Laboratório Nacional de Nanotecnologia aplicada ao Agronegócio - Embrapa Instrumentação - São Carlos - SP

Foto: Valentim Monzane

Agradecimentos

À aluna de Biologia (UFSCAR), Fernanda da Cunha Puti, por revisar os gráficos e ao colega Marcos David Ferreira pela colaboração na revisão do texto e gráficos. Ao Valentim Monzane e equipe pela elaboração de gráficos e fotos. À Valéria de Fátima Cardoso pela normalização do conteúdo. Ao Ladislau Martin Neto, pesquisador e coordenador do Labex-EUA e ao Amauri Rosenthal e Rosires Deliza, pesquisadores do Labex-Europa. À FAPESP pela autorização em reproduzir a matéria "Frutas refeitas" – Apêndice 1.

Referências

BARBOSA, L.; MADI, L.; TOLEDO, M. A.; REGO, R. A. As tendências da alimentação. In: BRASIL food trends 2020. São Paulo: FIESP/ITAL, 2010. p. 39-47.

BRASIL food trends 2020. São Paulo: FIESP/ITAL, 2010. 173 p.

BRASIL projeções do agronegócio: 2010/2011 a 2020/2021. Brasília, DF: MAPA, AGE, 2011. 59 p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%202010-11%20a%202020-21%20-%202_0.pdf. Acesso em: Jun. 2011.

CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE RASTREABILIDADE DE ALIMENTOS, 1.; SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO, SEGURANÇA SANITÁRIA ANIMAL, 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento: Ministério da Ciência e Tecnologia, Fundo Setorial do Agronegócio: Ministère de L'Agriculture, de L'Alimentation, de la Peche et des Affaires Rurales, 2004. 266 p.

CRESTANA, S.; FRAGALLE, E. P. O que há de novo? Agroanalysis, São Paulo, v. 31, n. 6, p. 15, 2011.

CRESTANA, S.; FRAGALLE, E. P. A trilha da quinta potência. Revista Eixo, 2011. no prelo.

CRESTANA, S.; SOUSA, I. S. F. de. Agricultura tropical no Brasil. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da. (Ed.). **Agricultura tropical:** quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 41-65.

DESMARCHELIER, C. Neotropics and natural ingredients for pharmaceuticals: why isn't South American biodiversity on the crest of the wave? **Phytotherapy Research**, London, v. 24, n. 6, p. 791-799, 2010.

FERREIRA, M. D. Beneficiamento de frutas e hortaliças. In: FERREIRA, M. D. (Ed.). Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 47-59.

FERREIRA, M. D.; SILVA, M. C. Pós-colheita a duas velocidades. **Frutas, Legumes e Flores,** Odivelas, v. 114, p. 76-78, 2010.

FERREIRA, M. D. Desafios e perspectivas das máquinas de classificação no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 4, n. 7, p. 28-31, 2007.

FERREIRA, M. D.; MAGALHÃES, P. S. G. Colheita. In: FERREIRA, M. D. (Ed.). Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 13-22.

FIORAVANTI, C. Frutas refeitas: novas formulações atendem aos mais refinados paladares. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 184, p. 70-74, 2011.

HOFFMANN, R. Elasticidades-Renda das Despesas e do Consumo de Alimentos no Brasil em 2002-2003. In: SILVEIRA, F. G.; SERVO, L. M. S.; MENEZES, F.; PIOLA, S. F. (Org.). **Gasto e Consumo das Famílias Brasileiras Contemporâneas.** BRASÍLIA, DF: IPEA, 2007. v. 2. p. 463-484. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/gastoeconsumov2/24_Cap16.pdf. Acesso em: 15 jul. 2011.

HOW to feed the world. The Economist, London, v. 396, n. 8697, 2010. p. 10-11. Brazil's agricultural

miracle.

LEONE, J. M. S. Como se preparar para a alimentação do brasileiro em 2020? **Fundepag & Negócios,** São Paulo, v. 4, n. 17, p. 9-13, 2011.

LIKE blueberries? Thank USDA. Agricultural Research, Washington, v. 59, n. 5, p. 2, 4-16, 2011.

MAHALIK, N. P.; NAMBIAR, A. N. Trends in Food Processing and Packaging Manufacturing Systems. Trends in Food Science & Technology, Cambridge, v. 21, n. 3, p. 117-128, 2010.

MALAVOLTA, E. Ao mestre, com carinho. Agroanalysis, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. E13-E14, 2007.

MARTINS, M. V. de M.; MEDEIROS, S. A. F. **Produção Integrada de Hortaliças:** Garantia de Alimento Seguro no Brasil. 2011. Disponível em: http://www.folharural.net/blog/2011/07/05/producao-integrada-de-hortalicas-garantia-de-alimento-seguro-no-brasil/». Acesso em: data de acesso ex. 18 jul. 2011.

OECD: FAO. **Agricultural Outlook 2011-2020.** 2011. Disponível em: http://www.agri-outlook.org/pages/0,2987.en_36774715_36775671_1_1_1_1_1_1_00.html. Acesso em: 18 jul. 2011.

OLIVEIRA, S. M. A. de; TERAO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. de H. (Ed.). **Patologia pós-colheita:** frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 855 p.

PALZER, S. Food structures for nutrition, health and wellness. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 20, n. 5, p. 194-200, 2009.

PEREIRA, R. N.; VICENTE, A. A. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. **Food Research International**, Barking, v. 43, n. 7, p. 1936-1943, 2010.

RAWSON, A.; PATRAS, A.; TIWARI, B. K.; NOCI, F.; KOUTCHMA, T.; BRUNTON, N. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. **Food Research International,** Barking, v. 44, p. 1875-1887, 2011).

REDE de Inovação e Prospecção Tecnológica para o Agronegócio – RIPA. Brasília, DF: MCT, 2010. Propositor, Fundo Setorial de Agronegócio (CT-Agro).

REGO, R. A. Produtos: oportunidades para inovação. In: BRASIL food trends 2020. São Paulo: FIESP/ITAL, 2010. p. 69-97.

RIBEIRO, E. P. Processos: tecnologias inovadoras. In: BRASIL food trends 2020. São Paulo: FIESP/ITAL, 2010. p. 129-143.

RIBEIRO, F. Z.; MARCONCINI, L. V.; TOLEDO, I. B. de; AZEREDO, R. B. de V.; BARBOSA, L. L.; COLNAGO, L. A. Nuclear magnetic resonance water relaxation time changes in bananas during ripening: a new mechanism. **Journal of the science of food and agriculture**, London, v. 90, p. 2052-2057, 2010.

ROCKSTRÖM, J. et al. A safe operating space for humanity. Nature, london, n. 461, p. 472-475, 24 Sept.

2()()9.

ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. (Ed.). Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology and cognitive science. Dordrecht: Kluwer, 2003. 482 p.

ROJAS-GRAÜA, M. A.; SOLIVA-FORTUNYA, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology,** Cambridge, v. 20, n. 10, p. 438-447, 2009.

ROSENFELD, A. **2010 Gap Analysis:** The Fruit and Vegetable Consumption Challenge: How Federal Spending Falls Short of Addressing Public Health Needs. Hockessin: PBHF, 2010.

ROSENTHAL, A.; UCHÔA JÚNIOR, P. P. de M.; CRUVINEL, P. E. (Ed.). Estruturação de plataforma em C,T&I: segurança, qualidade e tecnologia de alimentos para o consumidor. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos: Rede de Inovação e Prospecção Tecnológica para o Agronegócio, 2008. 100 p.

RUFINO, S. M.; FERNANDES, F. A. N.; ALVESC, R. E.; BRITO, E. S. de. Free radical-scavenging behaviour of some north-cast Brazilian fruits in a DPPHradical dot system. **Food Chemistry,** London, v. 114, n. 2, p. 693-695, 2009.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; GATTI, J. B.; DANTAS, T. B. H. Embalagens: importância estratégica. In: BRASIL food trends 2020. São Paulo: FIESP/ITAL, 2010. p. 111-127.

SASSON, A. **Health care, food and nutrition:** opportunities and challenges for the life sciences and biotechnology. Rabat; Penang: Hassan II Academy of Science and Technology; CGSS, 2011. 621 p.

SLOAN, A. E. Top 10 food trends. **Food Technology**, Chicago, v. 65, n. 4, 2011. Disponível em: http://www.ift.org/food-technology/past-issues/2011/april/features/food-trends.aspx?page=viewall. Acesso em: 18 jul. 2011.

THE MIRACLE of the cerrado. **The Economist**, London, v. 396, n. 8697, 2010. p. 50-52. Briefing Brazilian agriculture.

USDA. **USDA Agricultural Projections to 2020.** Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 2011. 100 p. (Long-term Projections Report OCE-2011-1). Disponível em: http://www.usda.gov/oce/commod-ity/archive_projections/USDAAgriculturalProjections2020.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2011.

VIALTA, A. Ingredientes: novas funcionalidades. In: BRASIL food trends 2020. São Paulo: FIESP/ITAL, 2010. p. 99.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (Geneva). Global Status report: on noncommunicable diseases 2010. Geneva: WHO, c2011. 162 p. Disponível em: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240686458_eng.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2011.

ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R.; TEIXEIRA, J. M. A.; KOSOSKI, A. R.; FACHINELLO, J. C. (Org.). **Produção integrada no Brasil:** agropecuária sustentável alimentos seguros.

Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, 2009, 1008 p. il. Acompanha 1 CD-ROM.

Apêndice 1 - Frutas Refeitas Novas formulações atendem aos mais refinados paladares Por Carlos Fioravanti

Aceita um abacaxi light, com 40% menos calorias que o abacaxi normal? Um pedaço de manga, já descascada e ainda com cheiro de manga, protegida por uma película comestível feita de polpa de manga? Talvez um chip ainda mais amarelo que os de batata, feito de polpa de laranja ou de mamão? Para beber, prefere um suco de caju probiótico – similar a um iogurte probiótico, mas à base de fruta – ou uma bebida fermentada de caju, cuja cor lembra o vinho branco de uva e o sabor de uma sidra? Muitas novidades à base de frutas brasileiras estão amadurecendo nos laboratórios da Embrapa Agroindústria Tropical e da Universidade Federal do Ceará (UFC) em Fortaleza. É o resultado do trabalho de equipes que atuam em várias frentes ao mesmo tempo, da microbiologia aos testes com consumidores.

Para mostrar um dos novos produtos em fase final de desenvolvimento na Embrapa, o químico Edy Sousa de Brito coloca sobre a mesa duas jarras de suco de bacuri, fruta do Nordeste de casca amarela e polpa branca. "Experimente", diz Edy, alagoano que vive há 10 anos em Fortaleza, colocando em um copo um pouco de um dos sucos. É saboroso, mas bastante espesso – deve ficar ótimo em sorvetes ou cremes. "Agora este", e oferece a outra versão: igualmente saborosa, mas fluida, líquida, bem mais atraente que a primeira. "Um tratamento enzimático", ele explica, "é que dá essa fluidez e mantém o sabor maravilhoso do bacuri".

O químico industrial Gustavo Adolfo Saavedra Pinto, também da Embrapa, trabalhou durante seis anos até encontrar a combinação mais adequada de enzimas que removessem apenas a viscosidade do suco de bacuri. Não bastou que apenas ele e sua equipe achassem ótimo o que tinham feito. Por duas vezes, em testes sensoriais realizados em uma sala ampla da própria Embrapa, dotada de seis cabines individuais, 100 consumidores que nunca tinham experimentado suco de bacuri desaprovaram as formulações iniciais – e Pinto teve de rever a escolha de enzimas. Os provadores aprovaram só no terceiro teste, com outra combinação de enzimas como as pectinases, que quebram as pectinas, carboidratos que deixam os líquidos espessos.

Não foi o bastante. Em dezembro de 2010, Gustavo e duas pesquisadoras de seu grupo, Andreia Aquino e Janice Lima, foram a Belém, no Pará, para testar a formulação que esperavam que fosse a final com outros 100 provadores, dessa vez consumidores habituais de suco de bacuri. "Deram notas mais baixas que os provadores de Fortaleza, mas aprovaram", conta a engenheira de alimentos Deborah dos Santos Garruti, que cuida das análises sensoriais — de cor, aroma, sabor ou textura dos novos sucos ou frutas — com um mínimo de 50 provadores por vez.

Em outro laboratório, Henriette Azeredo e Delane Rodrigues preparam filmes de polpa de frutas – o de acerola forma discos vermelhos sobre uma lâmina transparente, de polpa de acerola e alginato, um extrato de algas usado como espessante. Mangas em pedaços – ou minimamente processadas – feitas por Ebenezer de Oliveira Silva ganharam uma cobertura de um filme de purê de manga e alginato – e os provadores gostaram do conjunto. "O filme substitui a casca, protege e mantém o aroma da manga", diz Henriette. "Algumas frutas, como a manga, dão filmes ótimos, mas outras, como a acerola, precisam de mais pectina para fazer um filme mais resistente." Por meio de uma nova máquina que deve começar a funcionar em breve em um laboratório mais espaçoso, ela pretende fazer fitas de frutas, com um a dois milímetros de espessura, que possam servir de lanches. É o caminho para, conforme seus planos, produzir barrinhas de frutas – se derem certo, as de abacaxi, por exemplo, dispensarão os consumidores de descascar,

livrar-se das cascas e deixar a pia em ordem antes de se pôr a comer.

William Sallum, presidente da Associação Brasileira dos Produtores e Envasadores de Néctares e Sucos (Abrasuco), ao conhecer as inovações em curso em Fortaleza, considerou-as "bastante específicas e progressistas". São também bem-vindas, em vista da concorrência entre as empresas; "Maneiras diferentes de agregar valor são muito importantes para os fabricantes de sucos". Desde já, essas pesquisas, ligadas ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) de Frutos Tropicais, com sede na Universidade Federal de Sergipe, estão revalorizando as frutas, que fascinam Edy pela quantidade generosa de vitaminas e outros nutrientes importantes e por serem fontes de prazer para todos os sentidos – são bonitas, coloridas, cheirosas, saborosas e agradáveis ao toque.

O fascínio não é de hoje. O explorador português Pero de Magalhães Gandavo sentiu-se desarvorado diante dos gostos das frutas que conheceu enquanto viveu no Brasil. Em seu Tratado da terra do Brasil, publicado em 1576, sem poder fotografar, ele teve de descrever coisas tão estranhas quanto uma banana, que "parecem-se na feição com pepinos, (...) nascem numas árvores mui tenras e não são muito altas, (...) é uma fruta mui saborosa e das boas que há nesta terra, tem uma pele como de figo, a qual lhes lançam fora quando as querem comer" e, algo que pode ter escapado aos nossos olhos de nativos, "têm dentro de si uma coisa estranha, a qual é que quando as cortam pelo meio com uma faca ou por qualquer parte que seja, acha-se nelas um sinal à maneira de Crucifixo" (os resquícios das sementes da banana lembram remotamente uma cruz). Séculos depois, em 1968, a rainha Elizabeth II visitou o Brasil e quase perdeu a pose ao deliciar-se com um sorvete de bacuri.

Diante de tantos sabores possíveis, Edy acha desnecessário estimular o consumo de frutas com base apenas no valor nutricional. Mas foi a abundância de substâncias antioxidantes que mudou o destino do açaí, que parecia condenado a jamais vencer as fronteiras amazônicas. "Há 30 anos ninguém apostava no açaí como fruta que pudesse conquistar novos mercados", diz o engenheiro agrônomo José Edmar Urano de Carvalho, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, de Belém. "Muitos consumidores não estão preocupados com o sabor, mas em como a fruta pode contribuir para a melhoria da saúde Embaladas pela busca de saúde ou novos sabores ou tentando atender aos hábitos modernos, como a falta de tempo e paciência para descascar uma laranja, essas inovações alimentam um mercado consumidor em expansão. Em 2006, a Coca-Cola comprou a fabricante de sucos Del Valle pelo equivalente a US\$ 470 milhões, indicando seu interesse em obter rapidamente uma posição forte no mercado nacional de sucos prontos, que movimenta cerca de R\$ 250 milhões por ano. Muita fruta ainda pode virar suco. Todo ano, no mundo, os plantadores colhem quase 800 milhões de toneladas de frutas, principalmente bananas (103 milhões de toneladas), melancia (93 milhões) e uva (65 milhões). Depois da China e da Índia, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, colhendo anualmente cerca de 40 milhões de toneladas, das quais 850 mil seguem para outros países, principalmente da Europa, gerando uma receita anual de cerca de US\$ 800 milhões para o país. Ainda há uma alta concentração, tanto geográfica - já que o estado de São Paulo responde por 45% da produção nacional de frutas, principalmente laranja para exportação na forma de suco – quanto de itens: poucas frutas são produzidas comercialmente em larga escala. Laranja (18 milhões de toneladas), banana (6,5 milhões), maçã, mamão, coco-da-baía, manga, melão, uva, caju, cacau, abacaxi, limão e maracujá respondem por três quartos da receita gerada no setor (http://revistapesquisa.fapesp.br/ ?ed=949&lg=).

Os negócios e o prazer dos consumidores devem crescer à medida que as frutas mais conhecidas ganhem novos usos e as menos conhecidas conquistem mais espaço. Em uma ensolarada tarde de um domingo de março, pelo menos 30 pessoas se alinhavam diante de uma sorveteria de um shopping que reavivou parte do antigo porto de Belém, em frente a uma baía com vista para o rio Guamá. O que as movia – ou o que as mantinha na fila – era o desejo de tomar sorvete de frutas regionais de sabores únicos como o uxi. "O uxi já foi visto como fruta de pobre, mas rico sempre comeu, geralmente escondido porque tinha medo de perder a elegância: tem de comer roendo a polpa aderida ao caroço", conta Carvalho. Ele aposta no consumo crescente de uxi, que, além do sabor marcante, é rico em fitoesteróis, compostos que,

acredita-se, ajudam a baixar o colesterol. Segundo ele, os pesquisadores da Embrapa demonstraram que o uxizeiro não demora 30 anos para frutiticar, como se dizia, mas apenas sete, quando propagado por semente, ou menos ainda, quatro, quando por enxertia.

Outra fruta em que Carvalho aposta é o murici, que "cheira a queijo do Alentejo", como o português Gabriel Soares de Sousa anotou no Tratado descritivo do Brasil, de 1587. Segundo Carvalho, o gosto do murici lembra o de uma sopa. Mas aí pode estar um mérito, não um defeito. "Esse aroma salgado tem despertado o interesse de grandes chefs, que estão usando o murici em molhos, recheios de carnes e sopas", diz Carvalho. Os chefs estão mesmo olhando para essas coisas exóticas. O escocês Tom Kitchin esteve em São Paulo em maio e não deixou de ir ao Mercado Central. A um repórter do jornal O Estado de S. Paulo, ele reconheceu: "Nunca provei frutas tão doces e suculentas como as daqui".

Em meio aos mais diferentes climas e solo, 827 tipos diferentes de frutas nativas ou exóticas crescem no Brasil. Tipicamente brasileiras devem ser cerca de 350. Só na Região Norte crescem mais de 100 espécies, muitas pouco conhecidas da maioria dos brasileiros, como bacabi, biribá, cutite, mangaba e sapota--do-solimões, que o jornalista e repórter fotográfico Silvestre Silva apresenta no livro recém-lançado Frutas da Amazônia brasileira (Editora Metalivros, 280 páginas, R\$ 180). Como os franceses, que dizem que poderiam comer um tipo diferente de queijo por dia, quem vive no Brasil pode saborear uma fruta nova por dia, "sem contar as variedades de cada espécie", observa Edy. Segundo ele, os especialistas da Embrapa estão avaliando em campo 39 variedades só de acerola, "algumas quase pretas de tanta antocianina", o pigmento que faz a cor da casca de frutas variar do vermelho-claro ao roxo.

Vários problemas impedem que novos sabores cheguem a mais brasileiros. "As árvores do bacuri e do piquiá, entre outras que produzem frutos comestíveis, são de uso múltiplo, estão sendo derrubadas há cinco séculos e escassearam muito", diz Carvalho. "Repor os estoques anteriores é um processo lento." As frutas regionais, ele ressalta, precisam ser melhoradas geneticamente para terem mais polpa e serem cultivadas como o cupuaçu, que há 10 anos crescia apenas na floresta. Hoje muitas ainda dependem do extrativismo – e, por essa razão, são caras, comparadas com frutas já tratadas agronomicamente. "A safra do bacuri, com 10 a 12% de polpa, coincide com a da maçã, que tem 95% de parte comestível e um preço menor."

Se os novos sucos ou frutas em pedaços passam pelas provas iniciais, os pesquisadores da Embrapa se põem a trabalhar na ampliação da escala de produção, em conjunto com os especialistas do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará. Em um dos laboratórios de química, a partir de um problema trazido pela equipe de Sueli Rodrigues, do Departamento de Engenharia de Alimentos – as fibras do suco de melão entupiam as pipetas –, o engenheiro químico paulista Fabiano Fernandes verificou que um equipamento de ultrassom de alta potência e baixa frequência poderia melhorar a qualidade de sucos e das próprias frutas.

A vibração causada pela ponteira do ultrassom mergulhada numa solução com a fruta em pedaços origina uma turbulência que rompe as fibras, quebra as células e cria microcanais por onde saem água e pequenas moléculas solúveis como os açúcares. O resultado é um suco com 40% menos açúcar e mais homogêneo do que o feito com a mesma fruta que não passou por esse tratamento. Sueli deixa sobre a bancada do laboratório um vidro com suco de melão que passou pelo ultrassom e outro que não passou: o primeiro mantém a uniformidade, enquanto o outro decanta em poucos minutos. Usando outro tipo de aparelho de ultrassom, as duas equipes conseguiram também reduzir em até 25% o tempo de secagem de abacaxi e de melão amarelo em pedaços. Podem vir daí as frutas diet, que mantêm a doçura porque depois são adoçadas com stevia, adoçante natural não calórico. "Dois minutos em um banho de stevia bastam para compensar a perda de açúcar", diz a pesquisadora.

A equipe de Sueli fez também, por tratamento enzimático, sucos de abacaxi, melão, jambo, sapoti e seriguela pré-bióticos, com açúcares sem poder calórico chamados oligossacarídeos. Esses açúcares nutrem as bactérias que vivem no intestino e, por sua vez, produzem ácidos graxos, vitaminas e nutrientes benéficos para o organismo humano. Outro tipo de suco, os pró-bióticos, contém as próprias bactérias – os

lactobacilos, como em leites fermentados. "É uma alternativa para quem não quer ou não pode consumir leite", argumenta Fernandes. A única diferença no gosto talvez seja um pequeno – e agradável – acréscimo de acidez em alguns deles. "Com a fermentação", diz Thatyane Vidal Fonteles, uma das pesquisadores do grupo, "o pH do suco de melão cai de 6 para 4, realçando o sabor e dificultando o crescimento de bactérias que poderiam alterar o sabor do suco".

Outras duas pesquisadoras, Niedla Nascimento Alves e Francisca Diva de Almeida, desenvolvem o suco em pó de abacaxi, laranja, caju e melão – com lactobacilos que permanecem vivos mesmo depois de o suco líquido passar por um processo de desidratação a 130 graus Celsius, similar ao usado para fazer leite em pó. "Os microrganismos que sobrevivem à secagem agora precisam sobreviver ao armazenamento e depois à reidratação", diz Niedla. "Nossa intenção é fazer um suco instantâneo, mas ele ainda não se dissolve bem."

Susana Saad, professora da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP), esteve em fevereiro em Fortaleza, considerou os trabalhos na Embrapa e na UFC "extremamente interessantes" e ficou impressionada com a integração entre pesquisa básica e aplicada. "São vários profissionais conversando, cada um com seu enfoque", comenta Susana, que está vendo como colaborar com os grupos de Fortaleza. Ela é uma das três organizadoras do livro Probióticos e prebióticos em alimentos – Fundamentos e aplicações tecnológicas (Livraria Varela, 672 páginas, R\$ 143), que mostra como tornar sorvetes, leites e queijos mais nutritivos. Cada vez mais atraentes por causa dos benefícios à saúde, os alimentos pré e pró-bióticos devem movimentar negócios anuais da ordem de US\$ 160 bilhões no mundo todo.

"Estamos produzindo, organizando e compartilhando conhecimento", diz Edy. Ainda este ano, ele e sua equipe pretendem liberar uma base de dados, para acesso via internet, sobre compostos voláteis que formam o aroma e o sabor das frutas. Inicialmente estarão nessa base cerca de 200 compostos de cinco frutas: caju, abacaxi, acerola, manga e maracujá. "A identidade e a aceitação das frutas dependem muito do aroma, já que o paladar percebe apenas os gostos básicos como salgado, doce, ácido e amargo", diz Deborah. O cheiro do maracujá resulta da soma de cerca de 120 compostos, o caju libera cerca de 80. Na banana, aparentemente inodora, encontraram mais de 30.

Apêndice 2 - Tecnologias convergentes: O que é e para que serve?

Observar, compreender, manipular e controlar a matéria e a vida na escala do átomo, da molécula, do gene, do bit e do neurônio. Fazer tudo isso em combinações múltiplas ou simultaneamente, visando atingir um dado fim. Daí a ideia da convergência tecnológica. Compreende a combinação e possíveis sinergias envolvendo Tecnologia da Informação, Biotecnologia, Nanotecnologia e Ciências Cognitivas. Nesse sentido, convergir, significa escolher um alvo e tentar atingi-lo via uso de tais tecnologias e ciências. Por exemplo, usar o conhecimento e a tecnologia para produzir sem degradar. Para tornar a agricultura cada vez mais sustentável. Para viabilizar uma nova revolução agrícola, sucedânea da revolução verde, mas que seja muito mais "verde" e socialmente, muito mais inclusiva, o que estamos chamando de revolução "agro-socio-ambiental". Ou para se obter uma planta ou animal mais resistente ao stress hídrico ou que utilize de modo mais eficiente os insumos agrícolas. São todas vertentes que se baseiam em Ciência e Inovação (C&I). Mais que isso, não serão plausíveis sem o concurso da C&I. Mas, o que ela, realmente, nos reserva, de novo, capaz de mudar os atuais paradigmas? As Tecnologias Convergentes(TC). Em seguida, é fornecida uma visão simplificada do significado de cada componente das TCs conforme pode ser encontrado em www.wikipedia.org.

Nanotecnologia

A nanociência e a nanotecnologia é uma dessas ciências e tecnologias. É a Ciência e a Tecnologia

que lidam com o mundo na dimensão atômica e molecular. É como se pudéssemos modelar o futuro átomo por átomo. Dimensões nanométricas compreendem grosseiramente 1-100nm, a escala do bilionésimo de metro (ou nanômetro - nm). Ou seja, do tamanho de um átomo até o de um vírus. Para se ter uma ideia de comparação, um fio de cabelo humano tem cerca de 30 mil nm. Nessa escala a matéria apresenta propriedades físicas únicas que fazem com que novas aplicações sejam possíveis. Quando se comparam propriedades macroscópicas com nanoscópicas da matéria muitas vezes podem diferir diametralmente a ponto do comportamento ser oposto - por exemplo, o que repele passa a atrair. Por definição, todas as argilas do solo, muitas substâncias químicas derivadas da matéria orgânica do solo e vários microorganismos do solo caem nessa categoria. Produtos que empregam matérias-primas nanoscópicas já estão surgindo no Brasil. Um dosímetro pessoal para a radiação ultravioleta solar, fabricado pela empresa Ponto Quântico, em Recife (PE) e a "língua eletrônica", desenvolvida pela Embrapa é capaz de detectar sabores (doce, salgado, amargo e azedo).

A integração da tecnologia será baseada na unidade da natureza na nanoescala e em um sistema de informação cruzando disciplinas e campos de relevância. A nanoescala é onde se formam as moléculas complexas, onde são estruturadas a construção de blocos de células vivas e onde os menores componentes das memórias de computadores são engeinherados.

Ciências Cognitivas

Compreende o estudo científico interdisciplinar de como a informação relacionada às faculdades como percepção, linguagem, razão e emoção é representada e transformada em um sistema nervoso (humano ou outro animal) ou máquina (p. ex., computador). Consiste de múltiplas disciplinas de pesquisa, incluindo psicologia, inteligência artificial, filosofia, neurociência, ciências do aprendizado, linguística, antropologia, sociologia e educação.

Tecnologia da Informação (TI)

É a aquisição, processamento, armazenamento e disseminação de voz, gravura, texto e informação numérica por uma combinação de computação e telecomunicação baseada em microeletrônica. Compreende a área de gestão tecnológica e engloba uma variedade de áreas que inclui, mas não está limitada a assuntos como processos, software de computador, sistemas de informação, hardware de computador, linguagens de programação e construção de dados. Em síntese, qualquer coisa que produz dados, informação ou conhecimento percebido em qualquer formato visual, via qualquer mecanismo de distribuição multimídia, é considerado parte do espaço de domínio da Tl. Tl está começando a se espalhar para além do computador pessoal convencional e da tecnologia de redes através de integrações de outras tecnologias tais como as do uso de telefones celulares, televisões e automóveis, dentre outros. Em 2009, o total de serviços mundiais, em Tl, contabilizou o valor de US\$763 bilhões.

Biotecnologia

É o campo da biologia aplicada que envolve o uso de organismos vivos e bioprocessos em engenharia, tecnologia, medicina e outros campos que requerem bioprodutos. Biotecnologia também utiliza esses produtos para o propósito de manufatura. O uso moderno de termos similares inclui engenharia genética assim como tecnologias de cultura de tecidos e células. A Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica define biotecnologia como: "toda aplicação tecnológica que usa sistemas biológicos, organismos vivos, ou derivados para fazer ou modificar produtos ou processos para uso específico". Em outros termos "aplicação de avanços científicos e técnicos às Ciências da Vida para desenvolver produtos comerciais" é biotecnologia. Biotecnologia inspira-se nas ciências biológicas (genética, microbiologia, cultura de células animais, biologia molecular, bioquímica, embriologia, biologia celular) e, em muitos sentidos é também dependente de conhecimento e métodos advindos de fora da esfera biológica (engenharia química, engenharia de bioprocessos, tecnologia da informação, biorrobótica). Por outro lado, as ciências biológicas modernas (incluindo aí conceitos como os de ecologia molecular) estão intimamente entrelaçadas e dependentes de métodos desenvolvidos por intermédio da biotecnologia e daquilo que é comumente imaginado como a indústria das Ciências da Vida.