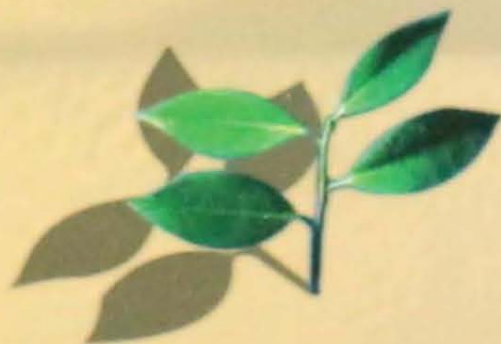


CARLOS MANOEL PEDRO VAZ
PAULO SÉRGIO DE PAULA HERRMANN JÚNIOR
WASHINGTON LUIZ DE BARROS MELO

EDITORES TÉCNICOS

VISÃO TECNOLÓGICA E SOCIAL PARA O AGRONEGÓCIO

CICLO DE COLÓQUIOS DA EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA-2007



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Visão Tecnológica e Social para o Agronegócio

Ciclo de Colóquios da Embrapa Instrumentação Agropecuária-2007

Editores Técnicos

Carlos Manoel Pedro Vaz

Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Washington Luiz de Barros Melo

Embrapa Instrumentação Agropecuária

São Carlos, SP

2008

Exemplares dessa publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Rua XV de novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 – São Carlos-SP
Fone: (16) 2107-2800
Fax: (16) 2107-2902
<http://www.cnpdia.embrapa.br>
e-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo,
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização Bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Capa: Alex Paixão e Valentim Monzane
Foto da capa: Valentim Monzane
Editoração eletrônica: Carlos Manoel Pedro Vaz e Valentim Monzane

1ª edição

1ª impressão (2008): tiragem: 150

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 Agropecuária

V822 Visão tecnológica e social para o agronegócio: ciclo de colóquios da Embrapa Instrumentação Agropecuária - editores técnicos Carlos Manoel Pedro Vaz, Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior, Washington Luiz de Barros Melo. - São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.
215 p

ISBN 978-85-86463-18-1

1. Biocombustível. 2. Pós-Colheita. 3. Alimentos - Qualidade. 4. Nanotecnologia. 5. Agricultura familiar. 6. Borracha. 7. Instrumentação. 8. Agronegócio. I. Vaz, Carlos Manoel Pedro. II. Herrmann Júnior, Paulo Sérgio de Paula. III. Melo, Washington Luiz de Barros.

CDD 21 ED 338.16
681.7

©Embrapa 2008

AUTORES

Carlos Manoel Pedro Vaz

Físico, D.Sc. em Ciências pela Universidade de São Paulo (CENA),
Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua XV de
novembro, 1452, CEP 13560-970, Cx. P. 741, São Carlos, SP,
vaz@cnpdia.embrapa.br

Celso Luiz Moretti

Engenheiro Agrônomo, D.Sc em Fitotecnia pela Universidade
Federal de Viçosa,
Pesquisador da Embrapa Hortaliças, Rodovia Brasília/Anápolis-BR
060, Km 09, CEP 70351-970, Cx. P. 218, Gama, DF,
moretti@cnph.embrapa.br

Leonora Mansur Mattos

Química, D.Sc em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal
de Lavras,
Pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Rodovia Brasília/Anápolis-BR
060, Km 09, CEP 70351-970, Cx. P. 218, Gama, DF,
leonora@cnph.embrapa.br

Fabiano Fruett

Engenheiro Elétrico, Ph.D em Instrumentação eletrônica pela Delft
University of Technology, Holanda,
Professor da Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein
400, DSIF, CEP 13083-970, Cx. P. 6101, Campinas, SP,
fabiano@dsif.fee.unicamp.br

Jacobus Willibrordus Swart

Engenheiro Elétrico, D.Sc. em Engenharia Elétrica pela Universidade
de São Paulo (POLI),
Professor da Universidade Estadual de Campinas e Diretor do Centro
de Pesquisa Renato Archer, Av. Albert Einstein 400, DSIF, CEP
13083-970, Cx. P. 6101, Campinas, SP,
jacobus@fee.unicamp.br

Jose Alexandre Diniz

Físico, D.Sc. em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas,

Professor da Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein 400, DSIF, CEP 13083-970, Cx. P. 6101, Campinas, SP,

diniz@led.unicamp.br

José Paulo Molin

Engenheiro Agrícola, Ph.D em Engenharia Agrícola pela Universidade de Nebraska, EUA,

Professor da Universidade de São Paulo, ESALQ, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Cx. P. 09, Piracicaba, SP,

jpmolin@esalq.usp.br

Manoel Baltasar Baptista da Costa

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná,

Professor da Universidade Federal de São Carlos, CCA, Rodovia Anhanguera, km 174, CEP 13600-970, Araras, SP,

baltasar@uol.com.br

Murilo Daniel de Mello Innocentini

Químico, D.Sc. em Doutorado em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos,

Professor da Universidade de Ribeirão Preto, Av. Costábile Romano, 2201, CEP 14096-900, Ribeirão Preto, SP,

muriloinnocentini@yahoo.com.br

Newton Cesário Frateschi

Físico, Ph.D em Engenharia Elétrica pela *University of Southern California*, EUA,

Professor da Universidade Estadual de Campinas, IFGW/DFA, CEP 13083-970, Cx. P. 6165, Campinas, SP,

fratesch@ifi.unicamp.br

Paulo de Souza Gonçalves

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade de São Paulo (ESALQ),

Pesquisador da Embrapa lotado no Instituto Agronômico de Campinas, IAC, Av. Barão de Itapura, 1481, CEP 13001-970, Campinas, SP,

paulog@iac.sp.gov.br

Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Engenheiro Eletrônico, D.Sc. em Físico-Química pela Universidade de São Paulo (IQSC),

Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua XV de novembro, 1452, CEP 13560-970, Cx. P. 741, São Carlos, SP,

herrmann@cnpdia.embrapa.br

Rymer Ramiz Tullio

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,

Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, km 234, CEP 13970-560, Cx. P. 339, São Carlos, SP,

rymer@cppse.embrapa.br

Silvio Crestana

Físico, D.Sc. em Física Aplicada pela Universidade de São Paulo (IFSC),

Pesquisador, Diretor Presidente da Embrapa, Av. W3 Norte, Parque Estação Biológica, CEP 70770-901 Cx. P. 040315, Brasília, DF,

presid@sede.embrapa.br

Stanislav Moshkalev

Físico, Ph.D. em Física e Química de Plasmas pelo Instituto de Física e Tecnologia da Academia de Ciências da Rússia,

Pesquisador do Centro de Componentes Semicondutores da Universidade Estadual de Campinas, R. Pândia Calógeras, 90, CEP 13083-870, Cx. P. 6061, Campinas, SP,

stanisla@ccs.unicamp.br

Steven A. Sargent

Engenheiro Agrônomo, Ph.D em Engenharia Agrícola pela
Universidade Estadual de Michigan, EUA,

Professor da Universidade da Flórida, Horticultural Sciences
Department, 1215 Fifield Hall, 32611-0690, Gainesville, FL, USA,
sargent@isgs.uiuc.edu

Ricardo Alamino Figueiredo

Médico Veterinário, D.Sc. em Medicina Veterinária pela Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita,

Pesquisador e Assessor da Diretoria Executiva da Embrapa, Av. W3
Norte, Parque Estação Biológica, CEP 70770-901Cx. P. 040315,
Brasília, DF,

ricardo.figueiredo@embrapa.br

Washington Luiz de Barros Melo

Físico, D.Sc. em Física Aplicada pela Universidade de São Paulo
(IFSC),

Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua XV de
novembro, 1452, CEP 13560-970, Cx. P. 741, São Carlos, SP,
washington@cnpdia.embrapa.br

APRESENTAÇÃO

O que será visto nessa obra é uma demonstração de que a parceria é uma forma muito eficiente e inteligente de unir esforços e competências para avaliar e propor ações para um problema, uma área ou um setor, podendo ser de natureza científica, econômica, política ou social, entre outras.

No ano de 2007, a Embrapa Instrumentação Agropecuária conseguiu reunir em sua sede um grupo de peso, o que possibilitou tratar de temas de instrumentação de importância fundamental para nossa atuação junto ao agronegócio. Tivemos a oportunidade de ter cientistas de renome, alguns sendo hoje, ou tendo sido no passado, diretores de instituições de pesquisa que apresentaram sua visão de presente e de futuro para essa área, em temas como as aplicações da nanotecnologia, a agricultura de precisão, a agroenergia, o papel da Embrapa para a agricultura tropical, a pós-colheita, a qualidade da carne, a reforma agrária no estado de São Paulo, a heveicultura e outras.

Os colóquios apresentados por esses cientistas foram, também, vistos na Internet, tendo recebido consultas on-line de fora da cidade e até fora do país. Foi um processo que ampliou a visão de nosso Centro, o que contribuiu para a construção de seu Plano Diretor para o período 2008-2011. A experiência foi muito positiva e agradecemos a todos que contribuíram para sua realização: os autores que se deslocaram de suas localidades e construíam espaço em suas agendas, além de prepararem seus textos, aos funcionários do nosso Centro e estudantes que apoiaram diversas atividades de suporte, aos colegas pesquisadores e, por fim, aos editores.

Álvaro Macedo da Silva

Chefe Geral

Embrapa Instrumentação Agropecuária

PREFÁCIO

O Brasil está se firmando cada vez mais como um dos maiores produtores de alimentos no mundo. A cada ano a safra cresce em grãos, hortaliças, frutas, carnes e leite. Isto não ocorre apenas por ter clima bom, grande área agricultável disponível, água e solo de razoável fertilidade, mas se deve também aos esforços de muitos pesquisadores nas universidades e nos centros de pesquisas espalhados pelo território nacional. Às empresas, aos agricultores e pecuaristas que acreditaram e aplicaram novas técnicas e tecnologias, hoje contribuindo para tal crescimento ano a anos.

Contribuindo intensamente para a construção desse campo produtivo se encontra a Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - com todos os seus Centros de pesquisas de produtos, temáticos e ecorregionais lotados em vários pontos do país, transformando conhecimentos em técnicas e tecnologias para o campo, tanto na agricultura de pequena como na grande escala e na pecuária.

Pensando em agrupar assuntos dos mais variados dentro deste universo de competências, de problemas e soluções, é que a Embrapa Instrumentação Agropecuária, em um momento de reflexão sobre o presente e o futuro da Unidade, do País e do Mundo, criou um ciclo de colóquio. O "I Ciclo de Colóquio da Embrapa Instrumentação Agropecuária" ocorreu durante os meses de agosto a dezembro de 2007, tendo como foco as atuais demandas, pesquisas e tecnologias.

Durante os quatro meses, treze autores conceituados de diversos centros de pesquisas e universidades apresentaram seus temas com autoridade de conhecimento de forma motivadora, clara e didática. Os temas enfocaram as novas tendências e as necessidades de ampliar as pesquisas na agricultura de precisão, no meio ambiente, na revolução climática, na inovação tecnológica, na qualidade dos alimentos e sua conservação, nas técnicas em micro e nanoeletrônica, nos combustíveis renováveis, nas ações sociais para o homem do campo, entre outros. Tudo isto condensado nesta obra, que não tem a pretensão de ser exaustivo e conclusivo, mas que trás a visão experiente e atualizada de especialistas de cada área. Ela é composta de nove capítulos sendo oito deles fornecidos pelos próprios autores e seus colaboradores dentro de suas áreas de competências, e mais um capítulo de autoria dos editores que

apresenta uma discussão dos temas e as possibilidades futuras de pesquisas na Embrapa Instrumentação Agropecuária. Com o título de Visão Tecnológica e Social para o Agronegócio esta obra não fecha assuntos, mas pode servir de base às novas pesquisas e de incentivos àqueles que desejam se iniciar nesses temas ou para decidir por um futuro mais consciente.

O leitor encontrará textos objetivos, informativos, direcionados a todos que se interessam por novidades e pelas mudanças que estão ocorrendo no setor. É uma visão geral de tópicos de grande importância econômica, tecnológica e social tanto para o País como para o Mundo.

Assim, este compêndio de informações deve estimular a curiosidade do leitor e direcioná-lo na busca de soluções para o agronegócio. Que cada vez mais penetre nesse universo da agricultura, da biologia, da física e da química, da eletrônica e do nanomundo da matéria, pois estes lhes reservam surpresas e encantamento pela Natureza.

Os Editores

SUMÁRIO

Capítulo 1

O Ciclo de Colóquios e as estratégias de futuro da Embrapa Instrumentação Agropecuária	17
---	-----------

Carlos Manoel Pedro Vaz, Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior, Washington Luiz de Barros Melo

Introdução	17
Programação do Ciclo de Colóquios	20
Relação entre os temas abordados nos colóquios e possibilidades futuras de pesquisas	34
Referências	37

Capítulo 2

Nanotecnologia em semicondutores	41
---	-----------

Jacobus Willibrordus Swart, Jose Alexandre Diniz, Newton Cesario Frateschi, Fabiano Fruett, Stanislav Moshkalev

Introdução	41
Circuitos Integrados	44
Novos Dispositivos	47
MEMS e NEMS	52
Optoeletrônica	55
Conclusões	59
Referências	59

Capítulo 3

Agricultura de precisão e oportunidades para a automação das decisões	63
--	-----------

José Paulo Molin

Agricultura de precisão e as suas demandas	63
--	----

Oportunidades para a automação	66
Referências	75

Capítulo 4

Desafios no desenvolvimento de tecnologia para a produção de biodiesel no Brasil **83**

Murilo Daniel de Mello Innocentini

Introdução	83
A química do biodiesel	85
Etapas do processo de produção de biodiesel	87
Desafios na produção industrial de biodiesel	89
<i>Necessidade de refino do óleo ou gordura</i>	90
<i>Composição química de triglicerídeos em óleos e gordura....</i>	92
<i>Tipo de álcool usado na transesterificação</i>	95
<i>Separação de fases glicerina e biodiesel</i>	97
<i>Lavagem do biodiesel</i>	99
<i>Produção de biodiesel a partir de óleos alimentícios usados .</i>	100
<i>Aproveitamento do glicerol resultante do processo</i>	101
Conclusões	102
Referências	103

Capítulo 5

Contribuições tecnológicas da Embrapa para a agricultura tropical: Conquistas, futuros desafios e oportunidades **107**

Silvio Crestana, Ricardo Alamino Figueiredo

A tecnologia no passado e no presente	107
A construção do conhecimento em agricultura tropical no Brasil e seus impactos.....	108

Revitalização das instituições brasileiras de C&T para um novo ciclo de agricultura	113
Desafios e oportunidades para a inovação e para investimentos e gestão em C&T no Brasil	117
Considerações finais	128
Agradecimentos	128

Capítulo 6

Manuseio pós-colheita e rastreabilidade de frutas e hortaliças 131

Celso Luiz Moretti, Steven A. Sargent, Leonora Mansur Mattos

Aspectos gerais do manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças ..	131
<i>Introdução</i>	131
<i>Recepção e operações na casa de embalagem</i>	132
<i>Transporte</i>	141
Frutas e hortaliças como alimentos funcionais	141
Produção segura de frutas e hortaliças e rastreabilidade	143
Literatura consultada	148

Capítulo 7

Carne bovina - produção e avaliação da qualidade 153

Rymer Ramiz Tullio

Introdução	153
Produção	154
Área	154
Instalações rurais	155
Pastagens	156
Alimentação	158
Animais	159
Manejo animal	160

Bem-estar animal	161
Função social	162
Gestão social	163
Gestão econômica financeira	164
Gestão ambiental	165
Rastreabilidade	167
Avaliação da qualidade	167
<i>Rendimento de carcaça</i>	168
<i>Rendimento de cortes básicos</i>	168
<i>Rendimento dos cortes comerciais</i>	169
<i>Composição física da carcaça</i>	171
<i>Composição química da carcaça (composição centesimal) ...</i>	171
<i>Espessura de gordura externa e área do olho de lombo</i>	171
<i>Avaliação quantitativa da qualidade da carcaça</i>	173
<i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i>	173
<i>Capacidade de retenção de água</i>	173
<i>Textura (maciez)</i>	174
<i>Cor</i>	175
<i>Análise sensorial</i>	176
Considerações finais	177
Referências	159

Capítulo 8

Reforma agrária e agroecologia em São Paulo 181

Manoel Baltasar Baptista da Costa

Introdução	181
Origens e características da reforma agrária em São Paulo	183
Quanto à opção tecnológica	185
Realidade produtiva	185

Aspectos sócio-organizacionais e relações institucionais	186
Reflexões sobre orientações passíveis de contribuir para o aprimoramento do processo da reforma agrária em São Paulo	187
<i>A orientação tecnológica</i>	187
<i>Participação como elemento central</i>	188
<i>As dimensões da sustentabilidade</i>	189
<i>Quanto a uma abordagem sistêmica e holística</i>	190
<i>Gestão dos recursos naturais por microbacias hidrográficas</i> .	192
<i>Sobre a base genética dos agroecossistemas</i>	193
<i>Quanto à geração de ocupações e renda</i>	194
Referências	196

Capítulo 9

A heveicultura no contexto global **197**

Paulo de Souza Gonçalves

Introdução	197
O gênero	198
A <i>Hevea</i> chega à Ásia	201
Primeiros avanços tecnológicos	202
Produção e consumo	204
<i>Mundial</i>	204
<i>Brasil</i>	205
A seringueira no Estado de São Paulo	207
Considerações gerais sobre clones para plantio	208
Recomendações de clones para plantio	209
Perspectivas do futuro da seringueira	212
Referências	213

O Ciclo de Colóquios e as estratégias de futuro da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Carlos Manoel Pedro Vaz

Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Washington Luiz de Barros Melo

Introdução

Com uma visão estratégica e prospectiva para a pesquisa em importantes temas tecnológicos e sociais na agropecuária, elaboramos um rol de palestras e de pesquisadores de centros universitários e de pesquisas da mais alta envergadura nacional. Os temas abordados são de grande relevância no cenário nacional e internacional, envolvendo a busca do conhecimento e soluções de problemas globais, como alimentação, energia e meio ambiente. Eles estão associados ao desenvolvimento de tecnologias de pequena e grande escala, em curto, médio e em longo prazo, para se chegar ao objetivo comum, que é a manutenção da vida e evolução dos seres.

Essa visão foi dividida em seis grandes temas: (i) desenvolvimento em micro e nanotecnologia e sensores; (ii) energia e combustíveis renováveis; (iii) alimentos: qualidade, manejo e conservação; (iv) mudanças climáticas; (v) relações sociais da agricultura e reforma agrária; (vi) a função de Embrapa no âmbito mundial. Com esse seis temas se delineou o Ciclo de Colóquios da Embrapa Instrumentação.

Em meados do século XX, a eletrônica tomou grande impulso com o advento da tecnologia dos circuitos em semicondutores cada vez miniaturizados. Já no começo do XXI, desponta uma nova ordem de tecnologia em escala nanométrica com potencialidades de aplicação em diversas áreas da ciência, inclusive a agropecuária. Com isso, uma nova geração de sensores passa a ser viável, bem como o

desenvolvimento e aplicação de novos materiais, processos e sistemas.

Os materiais fósseis têm tempo contado, já que não são renováveis numa curta escala de tempo. O seu uso em larga escala, seja como geradores de energia, seja em produtos químicos, produz grandes volumes de gases e sólidos como fontes poluidoras. Novas alternativas para a geração de combustíveis tornam-se urgentes, incluindo o domínio dos processos produtivos de obtenção da matéria-prima ao produto final. Atualmente, a busca do conhecimento e dos processos de produção de combustíveis renováveis é muito intensa no mundo todo, cabendo ao Brasil um papel importante e fundamental nessa ação. Um grande volume de pesquisa está sendo demandado, seja em melhoramento genético de plantas, seja em metodologias de produção e equipamentos, visando o aumento da eficiência do processo e a qualidade final do produto.

Por outro lado, a demanda mundial por alimentos tem crescido devido ao aumento da população e ao enriquecimento dos países emergentes. A qualidade, o manejo e conservação são itens que assumem um grau de exigência cada vez maior nos mercados internacionais visando o bem-estar do consumidor e preços mais acessíveis, trazendo a necessidade do controle, rastreabilidade e responsabilidade social das áreas produtoras.

O avanço da agricultura e os aumentos das emissões de gases advindos dos combustíveis fósseis contribuem para uma mudança atmosférica que influencia direta ou indiretamente no clima regional e global. A necessidade de conhecermos os mecanismos e as conseqüências dessas alterações é de fundamental importância para procurar minimizar as causas e efeitos das mudanças climáticas.

Neste contexto, a Embrapa surge como parceira no desenvolvimento tecnológico do país, buscando meios para conquistar e inserir novos conhecimentos, novas metodologias e tecnologias através de pesquisas em áreas de grande apelo econômico e social.

A Embrapa Instrumentação Agropecuária vem contribuindo com suas pesquisas em novos materiais seja em borrachas naturais, em sensores poliméricos à base de polímeros condutores, seja na

detecção de doenças em plantas, em qualidade e quantidade de alimentos, em agricultura de precisão através de sensoriamentos eletrônicos de áreas irrigadas, sejam na análise de imagens ópticas e tomográficas de áreas plantadas e seus constituintes do solo, em análise de solos quanto a retenção de água, na aplicação de novos conceitos de colheita, qualidade da matéria orgânica e seqüestro de carbono, aproveitamento de resíduos prejudiciais ao meio ambiente para fins mais nobres, em nanotecnologias na aplicação ambiental e de sensores. Além de tudo isso, desenvolve novas rotas de produção de biocombustíveis e metodologias de análise de qualidades e apoia pequenos agricultores através da técnica de saneamento básico com o uso da fossa séptica biodigestora por todo o território nacional e ferramental para a colheita extrativista na região amazônica.

A visão multidisciplinar da Embrapa Instrumentação está formada pela ampla gama do seu corpo de pesquisadores constituído de físicos, químicos, engenheiros eletrônicos, mecânicos, de materiais, agrônomos, biólogos, farmacêuticos e de apoio técnico. Todos contribuindo para o desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias em favor do homem do campo e da sociedade em geral.

No intuito de melhor servir à comunidade e à sociedade brasileira, a formulação de um conjunto de palestras na forma de colóquios iterativos foi planejada neste Ciclo de Colóquios para atender aos anseios da comunidade de pesquisa e ampliar os horizontes nos fatos e necessidades que envolvem a agropecuária brasileira.

Neste ano em que a Embrapa Instrumentação Agropecuária elabora seu IV Plano Diretor (PDU), o Ciclo de Colóquios colabora também para o levantamento de demandas de pesquisa e de cenários e tendências do setor agropecuário brasileiro e mundial. O Ciclo foi formatado em um modelo com 13 colóquios apresentados por pesquisadores e professores universitários especialistas em áreas de interesse da Unidade. Cada colóquio consistia em uma apresentação de até 50 minutos, seguido de debate e discussões com os participantes presenciais ou pela internet, visto que os colóquios foram também transmitidos ao vivo pelo site da Unidade¹.

¹ www.cnpdia.embrapa.br

Programação do Ciclo de Colóquios

Os temas e palestrantes foram selecionados pelos organizadores após consulta aos pesquisadores da Unidade, tentando atender à maioria das áreas de interesse e atuação da Embrapa Instrumentação Agropecuária, conforme estabelecido na sua missão e metas do III PDU (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2005), bem como a novas áreas emergentes e estratégicas. A programação do ciclo de colóquios 2007, com os temas e áreas selecionadas e palestrantes, é apresentada na Tabela 1, e os Quadros de 1 a 13, a seguir, apresentam os cartazes de divulgação dos colóquios contendo os resumos de cada apresentação.

Tabela 1. Programação do Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária.

Data	Palestrante	Tema/Área	Instituição
09.08.2007	José Antonio Brum	Nanotecnologia	LNLS
16.08.2007	José Paulo Molin	Agricultura de precisão	USP/ESALQ
23.08.2007	Oswaldo N. de Oliveira Jr.	Sensores poliméricos	USP/IFSC
30.08.2007	Murilo D. de M. Innocentini	Agroenergia	UNIP
06.09.2007	Silvio Crestana	PD&I em agricultura	EMBRAPA Sede
13.09.2007	Celso Luiz Moretti	Pós-colheita	EMBRAPA/CNPH
20.09.2007	Eliane Aparecida Benato	Qualidade de frutas	ITAL
27.09.2007	Rymer Ramiz Tullio	Qualidade de carnes	EMBRAPA/CPPSe
04.10.2007	Manoel B. B. da Costa	Agroecologia	UFSCar
11.10.2007	Jacobus W. Swart	Micro e nanoeletrônica	CENPRA
18.10.2007	Roberto Lutufo	Inovação tecnológica	UNICAMP
26.10.2007	Carlos Clemente Cerri	Mudanças climáticas	USP/CENA
05.11.2007	Paulo de Souza Gonçalves	Heveicultura	IAC/EMBRAPA

Quadro 1. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 09.08.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

O LNLS e a Nanociência&Nanotecnologia: Aplicações e Oportunidades

• *Dr. José Antonio Brum, Diretor do LNLS*

O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron opera a única fonte de luz síncrotron da América Latina e a primeira a entrar em operação no Hemisfério Sul. Associado a ela, encontram-se instalados no LNLS vários laboratórios na área de nanociência&nanotecnologia e de biotecnologia. Neste Colóquio serão discutidas as técnicas experimentais existentes no LNLS e o papel delas na pesquisa em nanociência e nanotecnologia. Será dado ênfase à complementaridade destas técnicas ilustrando através de exemplos de aplicações científicas e tecnológicas. A estratégia de atuação do LNLS como laboratório nacional e sua interação com o setor industrial será apresentada. Finalmente, o papel da cooperação internacional no desenvolvimento desta área será discutido.

Data: 09.08.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 2. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 16.08.2007



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Agricultura de precisão e oportunidades para a automação das decisões

• *Prof. Dr. José P. Molin, ESALQ/USP*

A agricultura de precisão (AP) tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre um só – utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e se possível tirar proveito dessas desuniformidades. AP pode ser feita em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos. Hoje as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada, mas não podemos esquecer que AP é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos seus aspectos. Dentro do tema relativo ao tratamento localizado das lavouras, a grande demanda passa a ser a disponibilização de sensores de campo para a espacialização dos fatores que interessam no entendimento da variabilidade espacial das lavouras. Nesse sentido, o desafio é a geração de soluções para uso em tempo real, ou seja, a automação das decisões sobre intervenções e aplicação de insumos. Também podem ser inseridos nesse contexto inúmeros outros aspectos, de alguma forma conectados ao tema AP. Como exemplo podem ser citados os sistemas de orientação e de esterçamento automatizado de veículos com auxílio de GPS. Dentro desse contexto há uma ampla variação de opções e possibilidades que a agricultura brasileira já demanda e que necessitarão de esforço conjunto de vários setores para serem adequadamente oferecidos.

Data: 16.08.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

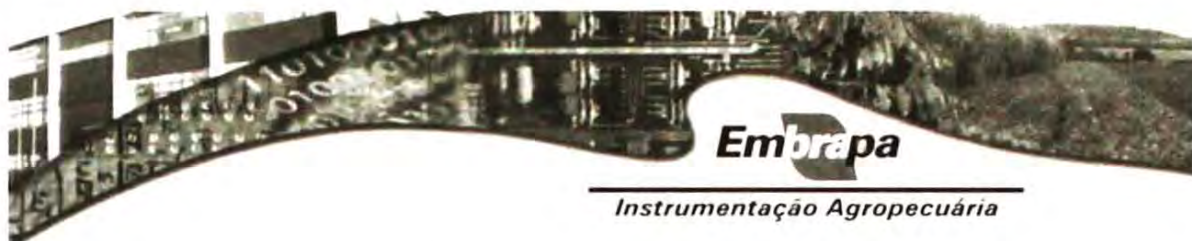
Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 3. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 23.08.2007.



Ciclo de Colóquios 2007
da Embrapa Instrumentação Agropecuária
Controle Molecular em Filmes Nanoestruturados e suas Aplicações

Sensores e Biossensores

• *Dr. Osvaldo Novais de Oliveira Jr.*

O controle molecular das propriedades de materiais nanoestruturados vem permitindo produzir dispositivos cada vez mais sofisticados. No que tange a sensores, sabe-se hoje que a sensibilidade pode ser aumentada consideravelmente se as unidades sensoriais forem compostas por filmes ultrafinos. Quando se empregam medidas elétricas, em particular, a alta sensibilidade está associada a efeitos de interface, como é o caso da língua eletrônica. Nesta palestra serão apresentadas as técnicas mais empregadas para fabricar filmes orgânicos nanoestruturados, e suas aplicações para vários sensores. Merecerá destaque a possibilidade de usar unidades sensoriais com capacidade de reconhecimento molecular, principalmente para biossensores. O reconhecimento molecular permite não só maior sensibilidade, mas também confere seletividade aos sensores. Por fim, serão discutidas abordagens de tratamento de dados, especialmente aqueles que exploram técnicas de aprendizado de máquina e visualização de informações, em que o objetivo é correlacionar as medidas elétricas com indicadores de qualidade das substâncias analisadas pelos sensores.

Data: 23.08.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas

Quadro 4. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 30.08.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Desafios no Desenvolvimento de Tecnologia para Produção de Biodiesel no Brasil

• ***Prof. Dr. Murilo Daniel M. Innocentini***

O crescente interesse pela produção viável de combustíveis provenientes de matérias-primas renováveis tem incentivado estudos técnicos que forneçam tecnologia acessível a produtores em pequena e grande escala. Particularmente no caso do biodiesel, que provém da reação entre óleos vegetais ou gorduras animais com metanol ou etanol, a possibilidade de rápida disseminação da produção baseada nas características agropecuárias de cada região do Brasil tem se tornado real. O uso de óleos comestíveis usados, até então aproveitados apenas na produção artesanal de sabão ou mesmo descartados na rede de esgoto ou rios, também tem sido promissor na produção de biodiesel. Neste trabalho, uma revisão do processo de produção de biodiesel é apresentada, com destaque para as dificuldades tecnológicas em cada etapa de processamento e caracterização. A perspectiva de uso de fontes de matérias-primas alternativas e regionais é discutida, bem como a possibilidade de implementação de plantas produtoras de biodiesel em cidades, cooperativas ou pequenas comunidades agrícolas.

Data: 30.08.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

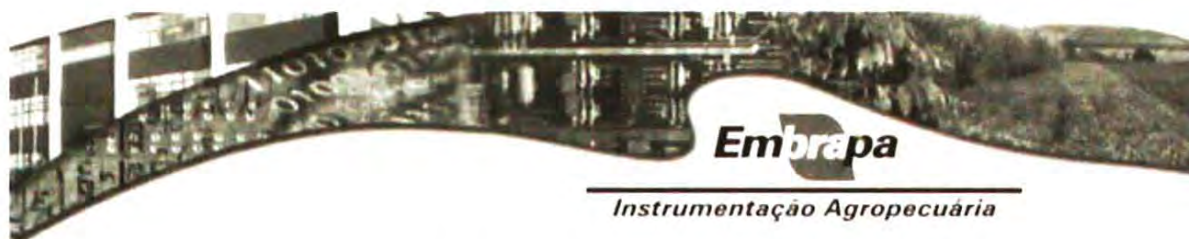
Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 5. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 06.09.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Contribuições Tecnológicas da Embrapa para a Pesquisa Tropical

• ***Dr. Sílvio Crestana, Diretor Presidente da Embrapa***

Muita coisa mudou nos últimos 30 a 40 anos no país. Nas três últimas décadas, por exemplo, o Brasil (cientistas e equipes, especialistas em políticas públicas e em desenvolvimento institucional, produtores e consumidores) tem se dedicado a construir e a consolidar a moderna agricultura tropical. Para colaborar nesta árdua tarefa e assim contribuir para alavancar o desenvolvimento do país, é que a Embrapa foi criada em 1972.

O progresso da agricultura que se fez possível até em áreas onde o desenvolvimento era considerado improvável, como a viabilização da agropecuária do Cerrado, pode ser explicado por uma receita que aliou o uso de tecnologias, o correto manejo dos recursos naturais tropicais, a atuação de instituições de pesquisa e fomento e políticas governamentais que favoreceram o desenvolvimento rural, incluindo o melhor acesso aos mercados. Pelo conhecimento da agricultura tropical, pudemos desenvolver tecnologias de plantio direto, fixação de nitrogênio, controle biológico, entre outras e, pudemos alcançar as atuais condições para produção de plantas e animais tropicais, soja, frutas tropicais e temperadas adaptadas, gado zebuino, fibras e madeira (algodão e eucalyptus), cana de açúcar, etanol, etc. Foi implementada uma produção estável de alimentos, fibras e outras matérias-primas nas diferentes regiões brasileiras a ponto de abastecer o mercado interno, apoiar o crescimento da agroindústria, colaborar na contenção da inflação e oferecer excedentes para a exportação. Isto contribuiu não só para o pagamento de nossas dívidas externas, como ajudou a financiar o desenvolvimento nacional e a colocar o país em uma posição de liderança mundial em produção agrícola tropical. No entanto, para a continuidade do desenvolvimento dessa agricultura de alimentos, fibras e energia, novos desafios, ainda maiores e mais complexos se apresentam. São necessários para este grande empenho a organização dos atores envolvidos, gestão, investimentos e arranjos institucionais públicos e privados que possibilitem atender às atuais e futuras demandas de nosso crescimento (econômico, social, ambiental, de redução das desigualdades regionais e da inserção do país na comunidade global).

Data: 06.09.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 6. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 13.09.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Manuseio Pós-Colheita e Rastreabilidade de Frutas e Hortaliças

• ***Dr. Celso Luiz Moretti, Embrapa Hortaliças***

O aumento da competitividade nas diferentes cadeias agroindustriais, tanto no mercado doméstico quanto internacional, tem forçado produtores e empresários rurais a buscarem produtos com maior qualidade e de maior valor agregado, sem perderem de vista a segurança e a rastreabilidade. A ciência e a tecnologia de pós-colheita têm auxiliado de forma significativa esses indivíduos, possibilitando o uso racional de insumos, maior rentabilidade, menores perdas e, conseqüentemente, mais divisas para o país. O manuseio pós-colheita envolve uma série de etapas que vão desde a escolha do ponto ótimo de maturidade hortícola para a colheita, passando pela adoção de embalagens e métodos de resfriamento rápido adequados, até a tecnologias que permitam significativa agregação de valor como é caso do processamento mínimo. A pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologia de pós-colheita passa atualmente por uma nova fase onde colher, embalar e estender a vida de prateleira do produto, minimizando perdas e impedindo a ação deletéria de microrganismos, não são mais as únicas preocupações dos técnicos envolvidos com essa fascinante área do conhecimento. O foco atualmente é centrado na busca pela manutenção dos valores funcionais das frutas e hortaliças após a colheita e na utilização de técnicas de manuseio que assegurem a inocuidade e a rastreabilidade, sem prejuízo de todos os atributos de qualidade anteriormente garantidos. Desta forma, estudos focados em tecnologias que possibilitem a manutenção dos teores de compostos funcionais como o licopeno em tomates e melancias, a quercetina em cebolas e a alicina no alho, dentre outros, têm norteado os esforços de investigação em vários institutos de pesquisa em todo o mundo. Além de nutritivos e com qualidade sensorial ótima, essas frutas e hortaliças devem ser seguras e rastreáveis. Com a crescente preocupação da população mundial com a inocuidade dos alimentos consumidos, frutas e hortaliças devem estar livres de qualquer contaminação química, física ou microbiológica. Além disso, é condição imperativa que esses produtos sejam rastreáveis, isto é, que se possa saber de onde vieram e de que forma foram produzidos. A adoção de novas tecnologias de rastreabilidade, como a identificação por rádio frequência, tem possibilitado uma maior segurança para consumidores e rapidez e confiabilidade para produtores, atacadistas e varejistas em várias partes do mundo.

Data: 13.09.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 7. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 20.09.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Controle de Doenças Pós-Colheita por Métodos Físicos

• ***Dra. Eliane Aparecida Benato, ITAL***

Há um considerável interesse por produtos vegetais livres de agroquímicos, contudo, deve-se considerar que os frutos são suscetíveis à deterioração por fitopatógenos, como podem servir de veículo para microrganismos causadores de toxinfecções. Buscando alternativas ao controle de podridões nos frutos, tem-se a Linha de pesquisa de métodos físicos para desinfecção, que aborda o uso de termoterapia, resfriamento, radiação ionizante, radiação ultravioleta, pulsos de luz, atmosfera controlada, atmosfera modificada incluindo uso de fimes ativos, etc.

Data: 20.09.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas

Quadro 8. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 27.09.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Carne Bovina - Produção e Avaliação da Qualidade

• *Dr. Rymer Ramiz Tullio, Embrapa Pecuária Sudeste*

O Brasil é o país que tem as melhores condições para a produção de carne. Entretanto, criadores precisam se preocupar mais com a qualidade de seu produto. Para isso, devem ter o cuidado de escolher a área adequada para a implantação do sistema de produção, adequá-lo à legislação ambiental do País, que é muito ampla e rigorosa, e atender às exigências do mercado externo. Devem formar pastagens, principal componente da alimentação, para ter qualidade e quantidade suficientes para atender às exigências dos animais. Devem fazer uso da alimentação suplementar para os animais, que permite o melhor aproveitamento das pastagens, principalmente na época em que ocorre escassez de forragem. Devem construir instalações rurais resistentes e funcionais para o tipo de exploração pecuária escolhida, seguras para as pessoas e para os animais. Os proprietários rurais devem atender às obrigações sociais e trabalhistas, além de observar o impacto que o sistema produz sobre o bem-estar humano, o ambiente e a sociedade e cumprir sua função social com base na utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e na preservação do ambiente. Devem fazer uso de manejo reprodutivo, sanitário e nutricional, ferramentas utilizadas para assegurar o aumento de produtividade, o bem-estar animal, a segurança das pessoas e o rastreamento e a certificação do produto final. Devem implantar o sistema de rastreabilidade, para permitir o acompanhamento do produto, desde a sua origem. Devem implantar sistema de gestão, de forma a assegurar o acerto nas decisões e melhorar o desempenho econômico e financeiro do sistema produtivo. Aos pesquisadores cabe o monitoramento da qualidade da carne e o desenvolvimento de novas metodologias e equipamentos que agilizem e facilitem esse acompanhamento.

Data: 27.09.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 9. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 04.10.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Agroecologia em Áreas de Reforma Agrária do Estado de São Paulo

• *Dr. Manuel Baltasar B. Costa, UFSCar*

Versará sobre problemas identificados, reflexões sobre proposta e ajustes necessários ao sucesso do Processo de reforma agrária no Estado de São Paulo. Discutirá os pressupostos teóricos e metodológicos do Projeto, a gestão territorial por microbacias hidrográficas, o manejo e a conservação dos recursos naturais de forma sustentável, e os elementos e aportes da agroecologia como um caminho compatível com a sustentabilidade de tal segmento, que está sendo inviabilizado pelo modelo agrícola hegemônico. Abordará os resultados acumulados do Projeto de Extensão Rural financiado pelo CNPq, cujo foco central são assentamentos, agroecologia e micro bacias. A responsabilidade institucional é do IAC, e no Projeto há a parceria das Prefeituras Municipais de Araraquara, UFSCar, Esalq, Embrapa CNPDIA, Uniara, Itesp, Pirai Sementes, e antes Incra e Feraesp. A ação é extensiva a Araraquara, São Carlos, Descalvado e Pradópolis, onde se situam os 3 assentamentos e as duas ocupações que estamos buscando apoiar e/ou assessorar. A equipe envolvida no Projeto é constituída por cerca de 20 estudantes de graduação e pós graduação e cerca de 12 pesquisadores apoiadores.

Data: 04.10.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 10. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 11.10.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Oportunidades da Micro e Nanoeletrônica no Agronegócio

• *Dr. Jacobus W. Swart, Diretor do CENPRA/UNICAMP*

Iniciaremos a apresentação com uma breve descrição da área de microeletrônica e sua evolução e tendências. A área de MEMS será descrita em seguida, por se tratar de tecnologia correlata da microeletrônica e essencial para produtos de instrumentação agrícola, incluindo os diversos micros sensores. Vários exemplos de aplicações de microeletrônica para agricultura e pecuária serão discutidos em seguida, incluindo atividades em desenvolvimento dentro da rede NAMITEC. Outros temas relacionados que serão discutidos incluem semicondutores e meio ambiente, nanotecnologias, programa CI-Brasil do MCT e atividades realizadas no CenPRA.

Data: 11.10.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

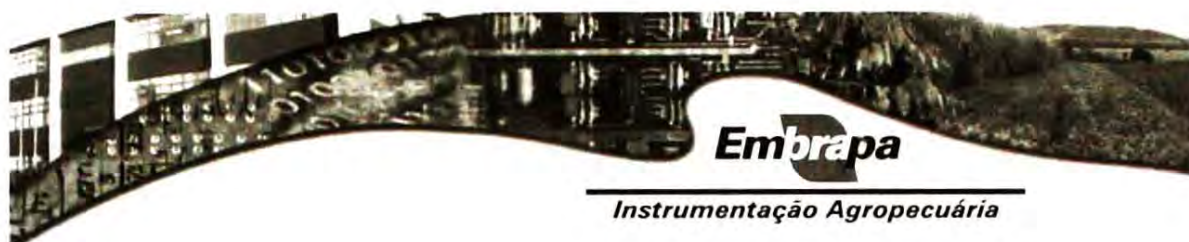
Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 11. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 18.10.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

O estímulo à Inovação Tecnológica numa Univesidade Pública – A Experiência da Unicamp

• ***Dr. Roberto Lotufo***
INOVA/UNICAMP

A palestra abordará a contextualização no cenário atual do estímulo à Inovação no ambiente universitário. Serão discutidos aspectos inerentes do relacionamento universidade-empresa, do uso da Propriedade intelectual como forma deste relacionamento. Será dada ênfase sobre as vantagens do patenteamento numa universidade de pesquisa pública. Será discutida a importância de uma política de propriedade intelectual para instituições públicas e finalmente serão apresentados os principais indicadores de resultados da Agência de Inovação Inova Unicamp, relacionados aos projetos de pesquisa colaborativo com empresas, à atividade de gestão da propriedade intelectual e do estímulo à geração de empresas nascentes oriundas da universidade.

Data: 18.10.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas

Quadro 12. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 26.10.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Solo, Agricultura e Aquecimento

• *Prof. Carlos Clemente Cerri, CENA/USP/Piracicaba*

O conceito de aquecimento global encontra-se associado à emissão de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, NO_x, H₂O, etc.) para a atmosfera. Estes gases são produzidos, principalmente, por atividades antrópicas relacionadas à queima de combustíveis fósseis nas indústrias e transporte. Entretanto, é também verdade que não se pode negligenciar a contribuição que mudanças no uso da terra e atividades agropecuárias, especialmente aquelas desenvolvidas nas regiões tropicais do globo, fornece para incrementar as emissões desses gases para a atmosfera. Como se sabe, é nestas regiões quentes e úmidas, onde se encontram as maiores e mais densas florestas do planeta, que estão situados os países em desenvolvimento, os quais apresentam uma economia fortemente dependente de suas atividades agropecuárias.

Nesta palestra serão assinalados alguns aspectos e fornecidos alguns exemplos de como o manejo da agricultura tropical pode modificar o ciclo dos gases de efeito estufa, contribuindo dessa forma para retardar ou acelerar o aquecimento global do planeta. A partir de três exemplos brasileiros serão fornecidos alguns dados que evidenciam a importância do plantio direto, a aplicação de bio sólidos no solo e a produção de biocombustível a partir da cana de açúcar.

Data: 26.10.2007 (sexta-feira)

Horário: 10h às 12h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 13. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 05.11.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

A Heveicultura no Contexto Global

• *Dr. Paulo de Souza Gonçalves, Embrapa/IAC*

A borracha natural está presente em mais de 7.500 espécies de plantas limitadas a 300 gêneros e sete famílias: Euphorbiaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Moraceae, Papaveraceae e Sapotaceae (Cornish *et al.*, 1993). A seringueira pertence ao gênero *Hevea*, da família Euphorbiaceae, sendo a *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.D.C. de Juss.) Muell.-Arg. a espécie mais importante do gênero. Na Ásia, ela é plantada como a principal fonte de borracha natural, sendo que em 2006 mais de 73,5% da produção mundial foi originária da Tailândia, Indonésia e Malásia, que contribuíram separadamente com 32,3%, 27,4% e 13,8%, respectivamente. A área total mundial estimada de seringueira plantada é superior a 9 milhões de hectares, tradicionalmente cultivada na região equatorial, situada entre 10° N e 10° S. A borracha natural é a matéria-prima estratégica para mais de 40.000 produtos, inclusive 400 dispositivos médicos (Mooibroek e Cornish, 2000). Devido a sua estrutura molecular e alto peso molecular (> 1 milhão de daltons) possui resiliência, elasticidade, resistência a abrasão e ao impacto que não podem ser obtidas artificialmente em polímeros produzidos artificialmente. Apesar de ser o berço das espécies desse gênero, o Brasil contribuiu em 2006, com apenas 1,2% da produção mundial de 9.188 mil toneladas para um consumo em torno de 3,2% de um total de 8.956 mil toneladas da demanda mundial (International..., 2007). No Brasil, a história da produção da borracha vegetal mostra que o país desfrutou da condição de principal produtor e exportador mundial no final do século passado e início do atual, passando a ser importador desta matéria-prima a partir do início dos anos cinquenta. Ressalta-se também, que em 2006, a produção brasileira, segundo a International..., (2007), foi estimada em 108 mil toneladas para um consumo de 287 mil toneladas, sendo que, cerca de 5% da borracha produzida no país foi proveniente de seringais nativos. Para um país que possui em relação aos demais países produtores, área incomparavelmente maior para o plantio de seringueira, o déficit de produção significa, no mínimo, descaso para um produto estratégico de tão alto valor econômico-social. Particularizando as áreas de escape, só o Estado de São Paulo possui 14 milhões de hectares aptos à heveicultura e desse total cerca de 45 mil hectares estavam ocupados com seringueiras em 2006 (APABOR, 2006), conferindo ao Estado a condição de primeiro produtor de borracha natural do Brasil, com uma produção estimada em 2004 de 48 mil toneladas, o que representa 53% da produção nacional (IBGE 2005). Há cerca de 130 anos, quando teve início sua domesticação, a seringueira foi considerada mais uma espécie selvagem da Amazônia. Durante esse período, o melhoramento genético da seringueira contribuiu para o seu desenvolvimento, elevando o nível e produtividade de 400 para 2.500 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Melhoristas têm tentado formular novas estratégias com o intuito de incrementar cada vez mais a produtividade do seringal, integrando um conjunto de métodos em desenvolvimento.

Data: 05.11.2007 (segunda-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Relação entre os temas abordados nos colóquios e possibilidades futuras de pesquisas

Os assuntos abordados no Ciclo de Colóquios foram desde aqueles bem abrangentes como o do Diretor-Presidente da Embrapa, Dr. Sílvio Crestana, que apresentou o colóquio *Contribuições tecnológicas da Embrapa para a pesquisa tropical* e do Dr. Roberto Lotufo, Diretor da INOVA/UNICAMP, com o colóquio *O estímulo à inovação tecnológica numa universidade pública: a experiência da UNICAMP*, àqueles bem específicos como *Controle de doenças pós-colheita por métodos físicos* e *Solo, agricultura e aquecimento*, por exemplo.

Os colóquios apresentados proporcionaram reflexões e discussões sobre as oportunidades do desenvolvimento de tecnologias, aspectos de demanda do mercado consumidor e de PD&I, tendências da política de CT&I, com foco no agronegócio e, obviamente, do estado da arte em áreas estratégicas e portadoras de futuro, com aderência ao agronegócio e instrumentação agropecuária.

Um tema abordado em três colóquios foi a nanociência e nanotecnologia (*O LNLS e a nanociência e nanotecnologia: aplicações e oportunidades*, do Dr. José Antonio Brum, do LNLS; *Controle molecular em filmes nanoestruturados e suas aplicações*, do Dr. Osvaldo N. de Oliveira Jr., da USP/IFSC e *Oportunidades da micro e nanoeletrônica no agronegócio*, do Dr. Jacobus W. Swart, do CENPRA), pois trata-se de tema de pesquisa em que a Unidade tem trabalhado e investido com bastante ênfase.

No nível da Embrapa, a Unidade lidera o projeto em rede no Macroprograma 1: *Nanotecnologia aplicada ao agronegócio*, realizando pesquisas em parceria com diversas Unidades da Embrapa e Universidades em áreas como de desenvolvimento de sensores para a qualidade de produtos agrícolas; filmes e membranas para o recobrimento de alimentos visando a melhoria da qualidade e durabilidade de produtos agrícolas; novos materiais, compósitos e blendas poliméricas com nanopartículas e nanofibras para a melhoria do desempenho de materiais plásticos; embalagens biodegradáveis; e materiais para a liberação controlada de insumos agrícolas e fármacos.

Está finalizando também a montagem do Laboratório Nacional de Nanotecnologia no Agronegócio (LNNA), com recursos da FINEP e EMBRAPA, com o objetivo de atuar nessas áreas já mencionadas, atendendo aos projetos de pesquisa em andamento, mas também com forte participação da iniciativa privada na definição das prioridades e demandas de pesquisa e prestação de serviços.

Neste tema da nanotecnologia, a Unidade já desenvolveu diversas tecnologias de impacto como os sensores gustativos, denominados de língua eletrônica, para a avaliação da qualidade de café, vinho suco de frutas e outros (RIUL et al., 2004; DYMINSKI et al., 2006) e os filmes comestíveis para o recobrimento de frutas, aumentando o tempo de prateleira e qualidade desses produtos (ASSIS e PESSOA, 2004). É, portanto, um assunto estratégico que deve ser reforçado, com grande atuação do grupo no período de atuação do IV PDU da Unidade (2008 a 2011) e tem grande potencial de geração de produtos, processos e métodos inovadores com apelo de mercado.

A agricultura de precisão, tema abordado no colóquio do Dr. José Paulo Molin, da USP/ESALQ (*Agricultura de precisão e oportunidades para automação das decisões*) é um assunto de grande interesse da Unidade com diversas tecnologias já desenvolvidas como de avaliação de parâmetros de solos (VAZ et al., 2007; MARTIN-NETO et al., 2007; SILVA et al., 2007) e plantas (INAMASU et al. 2006b), transmissão remota de dados (TORRE-NETO et al. 2007), aquisição e processamento de imagens (JORGE e CRESTANA, 2007), automação agrícola e padronização da comunicação entre máquinas e implementos agrícolas (GODOY et al. 2007). Participou e coordenou diversos projetos neste tema na Embrapa e atualmente participa da coordenação do projeto em rede do Macroprograma 1: *Agricultura de precisão para sustentabilidade de sistema produtivos do agronegócio brasileiro*. É, portanto, um assunto que deve ser reforçado e ampliado no IV PDU e a que a Unidade poderá dar uma contribuição efetiva com o desenvolvimento ou adaptação de equipamentos, sensores e sistemas, contribuindo para uma maior inserção do conceito da agricultura de precisão nos sistemas produtivos agrícolas no Brasil.

A agroenergia (colóquio apresentado pelo Prof. Murilo Innocentini, da UNIP: *Desafios no desenvolvimento de tecnologias para produção de*

biodiesel no Brasil) é um tema sobre que a Unidade iniciou trabalhos de pesquisa mais recentemente, mas há diversas possibilidades de contribuições no desenvolvimento de metodologias avançadas para análise da qualidade do biodiesel e de matérias-primas para a produção de biogás, de hidrogênio por reforma de etanol, biogás e resíduos agrícolas. Outras possibilidades de pesquisas estão relacionadas à automação de processos para a produção de enzimas para o etanol celulósico e estudos de biomateriais para biorrefinarias. A agroenergia é uma grande área prioritária da Embrapa, e a Unidade deverá também contribuir de forma significativa com novos projetos e parcerias no horizonte do próximo PDU (2008 a 2011).

Na qualidade de alimentos (colóquios do Dr. Celso Moreti, da Embrapa Hortaliças: *Manuseio pós-colheita e rastreabilidade de frutas e hortaliças*; da Dra. Eliane Bonato, do ITAL: *Controle de doenças pós-colheita por métodos físicos*; do Dr. Rymer Tullio, da Embrapa Pecuária Sudeste: *Carne bovina: produção e avaliação de qualidade*) a Unidade tem contribuído no desenvolvimento de equipamentos e processos para a colheita e pós-colheita, visando o aumento da produtividade, ergonomia e segurança do trabalhador, e diminuição do desperdício em diversas etapas até o consumo final; também no desenvolvimento de métodos e equipamentos para a avaliação de parâmetros de qualidade de produtos vegetais e animais. Dentre as tecnologias já geradas pela Unidade nessa área, destacam-se equipamentos para a decorticação da castanha de caju (INAMASU et al. 2006a), castanha do Brasil e outros frutos de casca dura (PESSOA et al. 2005), cesta para a colheita de figos (BISCEGLI et al. 2007), derriçadeira de café (INAMASU, 1998), softwares para a avaliação da qualidade por processamento de imagens (JORGE e CRESTANA, 2007), equipamentos de hidroconservação, equipamento para a detecção de fraudes de pó-de-café por técnicas fototérmicas (MELO, 2005) e método de ressonância magnética nuclear para a medida da qualidade de alimentos como embutidos, frutas e outros. É uma área em que a Unidade tem uma atuação muito forte e deverá mantê-la, pois há ainda grandes desafios relacionados à conservação dos alimentos, monitoramento da sua qualidade, à sanidade e ao aumento da produtividade e diminuição dos desperdícios, que são importantes aspectos da pesquisa em alimentos, em que a Unidade tem atuado.

No campo das pesquisas sobre o efeito das mudanças climáticas na agricultura (colóquio proferido pelo Prof. Carlos Cerri, da USP/CENA: *Solo, agricultura e aquecimento*), a Unidade tem trabalhado no desenvolvimento de metodologias para a avaliação qualitativa e quantitativa da matéria orgânica dos solos por técnicas espectroscópicas de ressonância magnética, fluorescência por laser e outras visando à quantificação do seqüestro de carbono pelo solo em diversos sistemas de plantio (MARTIN-NETO, 2007). Tem trabalhado também em processos de compostagem (SILVA et al. 2004) e uso de resíduos agroindustriais visando à redução do uso de fertilizantes extraídos de fontes não renováveis. Como futuro, existem diversas oportunidades da Unidade continuar atuando nesses temas e com ampliação para novos focos como a quantificação da emissão de gases do efeito estufa, estudos de sistemas integrados lavoura-pecuária, desenvolvimento sistemas automatizados e sensores para o monitoramento de CO₂ em ambiente fechado e aberto, estudos de albedo, dentre outros. Os estudos para a transformação de resíduos em energia, insumos e condicionantes de solos devem ser ampliados para outras fontes disponíveis em grande escala, como é o caso da vinhaça da cana, resíduos da agroindústria de citros, eucalipto e outros, e resíduos de construção civil, dentre outros.

Referências

ASSIS, O. B. G.; PESSOA, J. D. C. Preparation of thin films of chitosan for use as edible coating to inhibit fungal growth on sliced fruits. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 17-22, 2004.

BISCEGLI, C. I.; FERRAZ, A. C.; HONÓRIO, S. **Cesta para colher figos**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 2 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 85).

DYMINSKI, D. S.; PATERNO, L. G.; TAKEDA, H. H.; BOLINI, H. M. A.; MATTOSO, L. H. C.; CÂNDIDO, L. M. B. Correlation between human panel and electronic tongue responses on the analysis of commercial sweeteners. **Sensor Letters**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 403-408, 2006.

EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA. **III Plano Diretor da Embrapa Instrumentação Agropecuária**: 2004-2007. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. 31 p.

GODOY, E. P.; TANGERINO, G. T.; SOUSA, R. V.; PORTO, A. J. V.; INAMASU, R.Y. Rede ISOBUS para controle e comunicação de dados de um robô agrícola móvel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 6., São Pedro, SP, 2007. SBIAgro 2007. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2007. 1 CD-ROM. p. 251-255.

INAMASU, R. Y.; BISCEGLI, C. I.; PAIVA, F. F. A. **Máquina pneumática para abrir castanha-de-caju**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2006a. 5p. Comunicado Técnico 81.

INAMASU, R. Y.; SOUSA, R. V.; PORTO, A. J. V.; FORTES, C.; LUCHIARI, A.; SCHEPERS, J. S.; SHANAHAN, J. F.; FRANCIS, D. D. Acesso ao estado nutricional da cana-de-açúcar por meio de sensor ativo de refletância. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2., 2006, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro: ESALQ/USP, 2006b. Edição de José Paulo Molin e Carlos Alberto Vetorazzi. Não paginado. 1 CD-ROM.

INAMASU, R.Y. **Recomendações sobre o uso da máquina para derriçar café**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1998. 9 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Recomendação Técnica, 9).

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. Processamento de Imagens em Ciência do Solo - raízes, morfologia e cobertura do solo. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 341-438.

MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. M. B. P.; COLNAGO, L. A.; SIMÕES, M. L. Metodologias avançadas para estudos da matéria orgânica e seqüestro de carbono em solos. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 15-91.

MELO, W. L. B. **Desenvolvimento do sistema analisador de alimentos e Café - Ali-C**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. 78 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 19).

PESSOA, J. D. C.; LEEUWEN, J. V.; ASSIS, O. B. G.; BRAZ, D. C.; GOMES, J. I.; SILVA, S. E. L.; KANNO, S. S. **Contribuições da pesquisa para o beneficiamento da castanha-de-cutia (*Couepia edulis prance*) e aproveitamento de seus resíduos**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. 17 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 15).

RIUL JUNIOR, A.; SOUSA, H. C.; MALMEGRIM, R. R.; SANTOS JUNIOR, D. S.; CARVALHO, A. C. P. L. F.; FONSECA, F. J.; OLIVEIRA JUNIOR, O. N.; MATTOSO, L. H. C. Wine classification by taste sensors made from ultra-thin films and using neural networks. **Sensors and Actuators B: Chemical**, Lausanne, v. 98, p. 77-82, 2004.

SILVA, A. M.; NAIME, J. M.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P. E. Tomografia computadorizada de raios X e gama para investigação não-invasiva do solo. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 159-233.

SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; HANEDA, R. N.; FIALHO, L. L.; LEONELLI, F. C. V. **Método de aproveitamento biossólido proveniente de lodo de esgoto residencial através de processo de compostagem seguido de biodigestão anaeróbica**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 50 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 13).

TORRE-NETO, A.; RABELLO, L. M.; VAZ, C. M. P. **Plataforma tecnológica para irrigação de precisão em citricultura**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 10 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 21).

VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; SILVA, A. M.; RABELLO, L. M.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P. E. Equipamentos e métodos para análise física dos solos. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 93-158.

Nanotecnologia em semicondutores

Jacobus Willibrordus Swart

Jose Alexandre Diniz

Newton Cesario Frateschi

Fabiano Fruett

Stanislav Moshkalev

Introdução

A eletrônica teve sua origem no desenvolvimento do telefone por Gram-Bell e pelo rádio por Marconi, entre outros. A eletrônica inicial era baseada em dispositivos eletromecânicos, como relês, e pela válvula eletrônica. No entanto, não podemos nos esquecer da genialidade do Pe. Roberto Landell de Moura, que demonstrou na cidade de São Paulo a comunicação por sinais eletromagnéticos já em 1892, antes portanto dos trabalhos de Marconi (ALENCAR e ALENCAR, 1998). Infelizmente, pouca gente conhece os trabalhos do Pe. Landell de Moura. A sua história constitui também um exemplo da falta de apoio e incentivo dado ao trabalho inovador feito no país, bem como de que a inovação pode surgir em qualquer parte do mundo.

A história também mostra que as ameaças constituem fontes valiosas para a inovação. Assim, a Segunda Guerra Mundial, apesar dos efeitos nefastos, trouxe um grande avanço nas teorias e tecnologias de comunicação e de computação, até este momento baseado na eletrônica com válvulas. Essas válvulas eram grandes, caras, consumidoras de alta potência e de baixa confiabilidade.

O primeiro transistor foi demonstrado em dezembro de 1947, na Bell Labs, originando a eletrônica baseada em semicondutores. Uma nova ameaça aos EUA surgiu quando os russos lançaram o foguete Sputnik. Isso favoreceu a indústria de semicondutores incipiente

nesse momento, entre as quais a nova empresa Fairchild que acabara de ser criada no hoje Vale do Silício, na Califórnia (LEE, 2006). Desde então, a indústria de semicondutores não parou de crescer. Inicialmente, o conceito de circuito integrado foi proposto na Texas Instruments em 1958, porém o processo apropriado para sua implementação, o chamado processo planar, foi desenvolvido na Fairchild em 1959 (RIORDAN e HODDESON, 1998).

O crescimento da densidade de integração segue uma lei chamada de lei de Moore, segundo a qual o número de transistores por chip aumenta duas vezes a cada período de 18 a 24 meses aproximadamente (MOORE, 1965). É uma lei de evolução tecnológica seguindo fatores econômicos e de mercado. Não tem nada a ver com leis físicas, por exemplo, embora seja a segunda lei mais mencionada nos meios de comunicação, perdendo apenas para a lei de Newton.

Além dos transistores, inicialmente os transistores bipolares de contato e de junção, BJT, e depois o transistor de efeito de campo metal-óxido-semicondutor, MOSFET, vários outros dispositivos foram desenvolvidos para várias aplicações específicas, tais como: chaves de alta potência, como tiristores e outros, CCD's (charge coupled devices), lasers, LED's, fotodetetores, dispositivos de memória não volátil, sensores e vários outros. Um trabalho de Ng publicado em 1996 lista 67 dispositivos diferentes (NG, 1996). No entanto, circuitos integrados fabricados com transistores MOSFET, mais especificamente pela chamada tecnologia CMOS, ocupam a maior fatia do mercado de semicondutores, ou seja, mais de 85% do mercado de cerca de US\$ 250 bilhões em 2006.

A grande maioria (~98%) dos dispositivos e circuitos integrados é fabricada usando o semicondutor silício. Ou seja, o silício é o semicondutor predominante. O Brasil possui grandes jazidas de quartzo, a matéria-prima preferencial para a extração do silício, e produz grande quantidade de silício, porém em grau de pureza chamada metalúrgica. Esse nível de pureza não é suficiente para a produção de dispositivos eletrônicos. Outros países importam o silício grau metalúrgico do Brasil e depois agregam muito valor a ele, purificando-o e transformando-o em lâminas ou bolachas (*wafers*) monocristalinas, necessárias para a fabricação de circuitos

integrados. Considerando a demanda e preço crescente do silício, agravado pela ampliação da produção de painéis fotovoltaicos para a geração de eletricidade, a produção local de silício grau eletrônico constitui uma grande oportunidade. Além do silício, usam-se também outros semicondutores para aplicações específicas e nichos de mercado, entre os quais vale citar os semicondutores compostos III-V como GaAs, InP, GaN e outros semicondutores como Ge e SiC.

A evolução dos circuitos integrados dá-se pela redução contínua das dimensões dos dispositivos, chegando-se hoje à escala nanométrica. Uma possível definição de nanotecnologia e que nós adotamos é a seguinte: “É a ciência e engenharia de estruturas em escala nanométrica que apresentam propriedades modificadas devido à sua redução de dimensão”.

Os transistores MOSFET atuais podem apresentar dimensões da ordem de até 30 nm e espessura do dielétrico de porta entre 1 e 2 nm. Além de a sua dimensão ser claramente de escala nanométrica, vários efeitos quânticos, não observados em dispositivos MOSFET com dimensões maiores, agora tornam-se relevantes e devem ser considerados. Desta forma, a tecnologia de circuitos integrados é atualmente parte do universo da nanotecnologia. Essa área da nanotecnologia constitui uma evolução da microtecnologia e não uma inovação disruptiva. Assim, pode-se concluir que ambos têm uma base tecnológica comum e que se deve dominar a microtecnologia para poder migrar para a nanotecnologia. Além disso, em muitas tecnologias ocorre a integração de estruturas com dimensões micro e nanométricas.

Os semicondutores constituem os elementos que geraram a revolução e a formação da atual sociedade da informação, e também os elementos que permitirão os novos aprimoramentos e inovações nos mais diversos campos de aplicação, incluindo: agricultura de precisão, controle do meio ambiente, geração de energia, iluminação mais eficiente, medicina moderna e acessível, inclusão digital com TVD e computação ubíqua, automóvel e estradas inteligentes, comunicação ampla e assim por diante. Neste trabalho, serão apresentadas análises de vários campos dos semicondutores e suas relações com a nanotecnologia, separados nas sessões Circuitos Integrados, Novos Dispositivos, MEMS e NEMS e Optoeletrônica.

Circuitos Integrados

A evolução da tecnologia de circuitos integrados dá-se pela evolução de três parâmetros: a redução contínua das dimensões mínimas das estruturas, o aumento da área do chip e a crescente eficiência de empacotamento por meio de inovações tecnológicas. Esses três fatores alimentam a lei de Moore, resultando no nível de integração atual na escala Giga, ou seja, acima de 1 bilhão de transistores por chip, como ilustrado na Figura 1a. As Figuras 1b e 2c ilustram a evolução das dimensões mínimas empregadas nos circuitos integrados e da área do chip. Uma ilustração da estrutura de um transistor MOS e sua evolução da geração tecnológica de 1 μm à de 65 nm é apresentada na Figura 1d.

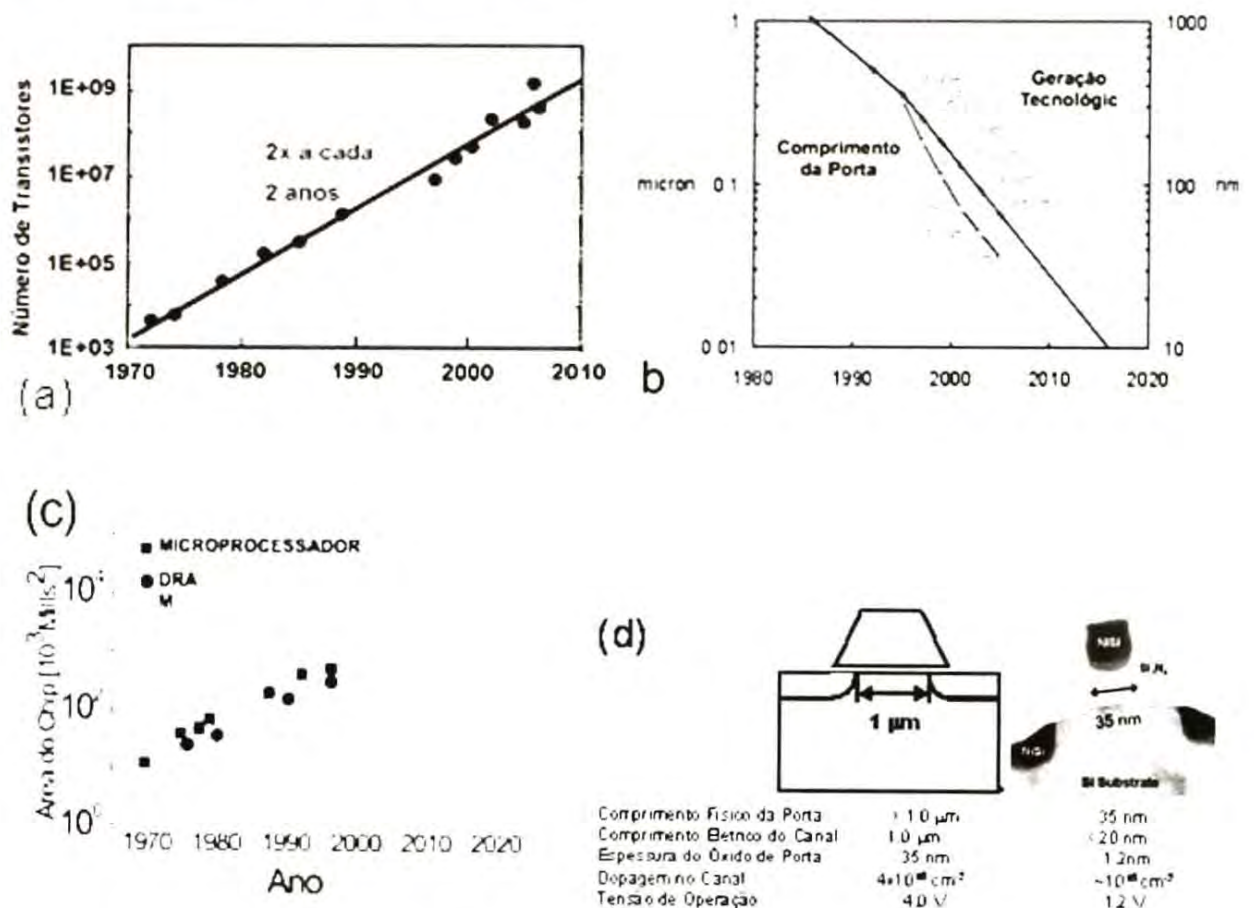


Fig. 1. Evolução do nível de integração (a), redução das dimensões mínimas (b), crescimento da área de chip (c) e ilustração da estrutura do transistor MOS nas gerações tecnológicas de 1 μm e de 65 nm (adaptado de Bohr (2007)).

O processo planar padrão de fabricação de circuitos integrados emprega o método chamado de cima para baixo (*top-down*). Nesse processo, as camadas são formadas uniformemente na superfície da lâmina e, posteriormente, as estruturas são moldadas por subtração localizada, por meio de um processo fotolitográfico. O processo fotolitográfico e de remoção, aplicado seqüencialmente para cada camada, representa um custo de pelo menos 50% do processo total de fabricação dos componentes. Dimensões menores e alinhamentos precisos nas novas gerações tecnológicas são obtidos por meio de equipamentos e processos ópticos sofisticados, envolvendo uma redução gradual do comprimento de onda da fonte luminosa e emprego de técnicas especiais tais como máscaras com inversão de fase e imersão em líquido (reduz velocidade da luz e, conseqüentemente, o seu comprimento de onda).

A evolução também requer a inclusão gradual de novos materiais na estrutura dos circuitos integrados. Embora a área apresente uma rápida evolução, a indústria de semicondutores é considerada conservadora. Ela incorpora um novo material apenas quando for realmente necessário. Como exemplo, temos a substituição dos contatos de alumínio com o silício por ligas de silicetos, a substituição das interconexões de alumínio por cobre, a substituição do dielétrico de porta de óxido de silício por um composto de háfnio (a ser adotado a partir do nó tecnológico de 45 nm), a incorporação de Ge na superfície do silício para produzir um estresse mecânico na rede cristalina e, assim, aumentar a mobilidade eletrônica, entre outros.

Além da incorporação de novos materiais, novas estruturas de transistores são também propostas ao longo da evolução, para produzir um salto no desempenho quando se observa uma saturação da sua melhoria com a redução das dimensões. Entre essas novas estruturas citamos a tecnologia SOI (*Silicon-on-Insulator*) e os transistores do tipo FinFET ou multiportas (MAZURÉ e CELLER, 2006). Alguns produtos comerciais já utilizam a tecnologia SOI, porém a tecnologia FinFET ainda se encontra em fase de pesquisa.

De acordo com a lei de Moore, a evolução do nível de integração permitiu a realização de circuitos cada vez mais complexos, não apenas de circuitos com função específica, mas de sistemas

completos num único chip, os chamados "sistema em chip" (SoC - *System on Chip*). Desta forma, todo o sistema eletrônico pode ser fabricado num único chip, por exemplo, toda eletrônica da televisão ou de um celular num único chip. Outro exemplo de sistema em chip é o chip projetado na Universidade de Brasília com seus colaboradores do projeto Instituto de Milênio NAMITEC, para um sistema de controle de irrigação (COSTA et al., 2005). Vale ressaltar que o projeto de circuitos complexos, incluindo SoC e outros, só se tornou possível graças ao desenvolvimento de ferramentas de projeto automático (pacotes de ferramentas chamadas de CAD ou EDA). Elas permitem o projeto de circuitos e sistemas integrados com alta probabilidade de funcionamento, de acordo com o especificado. A atividade de projeto de circuitos integrados está ao alcance de qualquer grupo com conhecimento e de posse destas ferramentas. Isso deu origem a escritórios de projeto (*design houses*) e a produtores de circuitos integrados sem fábrica (*Fabless IC suppliers*). Os produtores sem fábrica já respondem a 20% da produção mundial de circuitos integrados em 2006, com crescimento anual de 16%, bem acima do crescimento anual do mercado de circuitos integrados de 9%.

Os transistores nanométricos atuais e futuros apresentam um espalhamento de parâmetros crescente. Isso se deve à distribuição estatística dos átomos dopantes no silício e ao comportamento estatístico inerente aos mecanismos quânticos. Com a redução das dimensões, o número de átomos dopantes na região ativa do transistor soma algumas dezenas. Assim, uma pequena variação deste número produzirá uma alteração significativa de suas características, o que constitui um problema fundamental sem solução. Desta forma, os projetistas de circuitos integrados têm como desafio encontrar soluções para conviver com tal imprevisibilidade. Outro grande desafio para os projetistas é trabalhar obrigatoriamente com níveis de tensão cada vez menores e encontrar soluções para reduzir o gasto de potência. As severas limitações fundamentais encontradas na contínua redução dos transistores MOSFET, bem como os altos custos associados à produção em escala nanométrica, têm motivado o desenvolvimento de tecnologias alternativas para empacotamento de circuitos e sistemas. Essas novas tecnologias permitem integrar numa única montagem vários chips e outros

dispositivos formando os chamados SIP (*system-in-package*) e SOP (*system-on-package*) ou SOM (*system-on-module*) (TUMMALA, 2006). Em contraposição à evolução dentro da lei de Moore (*more Moore*), este caminho alternativo é chamado de além de Moore (*more than Moore*). Tais tecnologias representam uma inovação nos processos de empacotamento e abrem novas perspectivas e oportunidades.

O Brasil, pioneiro em comunicações pelo trabalho do Pe. Landell de Moura teve presença também nos primórdios da era dos semicondutores, durante os anos 60 e 70, porém a partir dos anos 80 teve uma participação muito limitada e decrescente, sobretudo na área industrial. Atualmente, temos duas empresas fabricando dispositivos semicondutores discretos de potência (AEGIS e SEMIKRON), duas empresas que atuam na área de empacotamento (*back-end*) de circuitos integrados do tipo memórias (SMART) e de dispositivos LED (Cromatek) e uma empresa que tem um grupo de relativamente grande de projeto de circuitos integrados (Freescale). As universidades e institutos de pesquisa mantiveram-se ativos em temas específicos, incluindo a geração de pesquisas pontuais com contribuições originais apresentadas em revistas e congressos no país e no exterior. Os temas de TVD e de inclusão digital, o programa CI Brasil do MCT e os incentivos dados aos componentes eletrônicos dentro da PAC do governo, entre outras ações, devem impulsionar a área no futuro. Vários centros de projeto estão em formação atualmente e um novo centro de prototipagem está sendo montado em Porto Alegre, chamado CEITEC, além da criação de um parque de microeletrônica no Estado de Minas Gerais. Essas iniciativas podem significar um início de uma retomada do caminho de crescimento na área.

Novos Dispositivos

Atualmente, o desenvolvimento da tecnologia MOSFET continua basicamente dentro da abordagem top-down. Este desenvolvimento exige novos materiais para substituir os materiais tradicionalmente utilizados, por exemplo, para dielétricos de alto k e de baixo k e para interconexões. Além disso, as tecnologias *bottom-up* (de baixo para cima, tais como deposição e crescimento de filmes ou síntese de

nanoestruturas, a partir de nível atômico/molecular) podem ser utilizadas para criar novas estruturas incorporadas no ciclo de tecnologia planar de Si. As estruturas novas como nanotubos de carbono (fabricadas por um dos processos de síntese, que é um exemplo de tecnologia *bottom-up*) são candidatas promissoras para serem usadas como blocos de construção em futuros dispositivos nanoeletrônicos. Desta forma, as tecnologias de futuro irão integrar as duas abordagens da nanofabricação, utilizando como base a tecnologia planar do tipo *top-down*.

Nanotubos de carbono possuem muitas propriedades singulares como transporte de elétrons balístico (sem espalhamento), alta condutividade térmica e módulo Young, interessantes propriedades ópticas, permitem alta densidade de corrente, criando expectativas de uso deles em variados dispositivos elétricos, mecânicos, ópticos, etc. (MEYYAPPAN, 2005; HOENLEIN, et al., 2003). O maior obstáculo para o uso mais amplo de nanotubos, no momento, é seu custo elevado e a dificuldade de obter controle sobre suas propriedades. Tanto tubos de paredes múltiplas (MWCNT, *multi-walled carbon nanotubes*) como tubos de paredes únicas (SWCNT, *single-walled carbon nanotubes*) são oferecidos no mercado mundial, porém com preços elevados. Isso restringe o seu uso em materiais compósitos, onde quantidades grandes do material são necessárias. Geralmente, uma amostra de nanotubos sintetizados contém uma mistura destes com diâmetros, estrutura e propriedades bastante variados. Os nanotubos de carbono podem ser criados em processos de descarga de arco, evaporação por laser (temperaturas destes processos são maiores de 1500 °C) e por deposição química de vapor ou CVD (*chemical vapor deposition*). Para uso em nanoeletrônica, o último método é mais adequado, podendo ser executado em temperaturas menores (até 500-700 °C), compatíveis com o processo planar de Si. Para nanotubos de paredes únicas, os maiores desafios são: o controle sobre o diâmetro e quiralidade deles, o que determina o caráter de condutância (semicondutor ou metálico), e o valor do *gap* para tubos semicondutores. As áreas de interesse maior no uso de nanotubos de carbono em nanoeletrônica são como dispositivos tipo FET ou como interconexões.

No dispositivo FET, os nanotubos de carbono semicondutores são utilizados como o canal entre a fonte e o dreno (TANS et al., 1998). As vantagens de uso dos nanotubos em FETs comparando com os dispositivos convencionais CMOS são: menor diâmetro (pode chegar a ~1 nm) e maior transcondutância. A corrente pela unidade de largura do canal pode ser pelo menos 10 vezes maior comparando com melhores dispositivos CMOS baseados em tecnologia de Si planar (HOENLEIN et al., 2003). Como os nanotubos de carbono formam bons contatos com metais ferroelétricos e têm baixo espalhamento de elétrons (mantendo também o spin ou orientação dos elétrons), existe também um grande interesse para a realização de nanodispositivos spintrônicos (COTTET et al., 2006). Nestes dispositivos, que podem ser baseados tanto em SWCNT como em MWCNT, são envolvidos os fenômenos de injeção, transmissão e detecção do spin de elétrons, ainda pouco conhecidos. As possibilidades de fabricação de SET (*single electron transistor* ou transistor do único elétron), baseado em SWCNT, também estão sendo exploradas (FUSE et al., 2007).

Outra aplicação dos nanotubos de carbono potencialmente importante é em interconexões, pois a ligação forte entre os átomos de carbono em configuração periódica sp^2 proporciona uma das maiores densidades de corrente (até 10^{10} A/cm²), sendo o limite para a ruptura por eletromigração para os nanotubos sem defeitos cerca 10^2 vezes maior que para metais como Cu ou Al (TANS et al., 1998). Isso abre boas perspectivas para o uso de nanotubos em conexões entre as camadas de metalização em CIs. Porém, a síntese de nanotubos semicondutores ou metálicos de boa qualidade, sem defeitos estruturais, ainda continua sendo um grande desafio.

As pesquisas na área de síntese de nanotubos por CVD estão sendo realizadas em muitos laboratórios, visando a obtenção de um controle maior sobre os parâmetros de nanotubos. No CCS-UNICAMP, as pesquisas na área de CVD catalítico estão em andamento (MOSHKALEV et al., 2004). Além da síntese controlada (criando nanotubos com a posição, direção e as propriedades predeterminadas), existe abordagem alternativa para a fabricação dos dispositivos baseados em nanotubos: deposição controlada de nanotubos pré-selecionados. No CCS-UNICAMP, desenvolvemos

uma serie de processos seqüenciais para deposição e fixação de nanotubos em cima de microeletrodos utilizando: (i) dieletroforese a partir de uma solução aquosa de MWCNT por campo AC (1-10MHz); (ii) *electroless* de Ni ou Pd por cima dos eletrodos, recobrando os contatos nanotubo/metal; (iii) tratamento térmico para a melhoria dos contatos. Posteriormente, foi possível depositar nanocontatos adicionais de Pt, utilizando o equipamento FIB (*focused ion beam*), para a realização de medidas pelo método de 4 pontas. Foram realizados também os primeiros testes com deposições de nanotubos de paredes únicas, demonstrando a possibilidade de criar um dispositivo tipo CNT-FET.

Transistor de único elétron (SET): Um capacitor de placas paralelas com capacitância C é formado por dois eletrodos condutores separados por um isolante. Quando o isolante tem espessura de alguns nanômetros, este capacitor torna-se uma junção túnel. A corrente I medida no amperímetro (Fig. 2) se deve ao efeito quântico de tunelamento. Esse efeito é dependente da espessura do isolante e da tensão aplicada entre os eletrodos, que fornece a energia necessária para se arrancar um elétron de um eletrodo para tunelar através do isolante e ser coletado pelo outro eletrodo, formando a corrente I do circuito externo. Quando ocorre o tunelamento de um único elétron, o capacitor com a junção-túnel carrega-se com a carga do elétron $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$, obtendo-se uma tensão $V_c = e/C$ entre os terminais do capacitor que pode atingir valores de tensão relativamente altos (~ 1 a 10 mV, devido à baixa capacitância C) (HENNING, 1999; LIKHAREV, 1999).

A estrutura de um transistor de um único elétron (Fig. 3) é formada por três eletrodos separados entre si por isolantes com espessura da ordem de nanômetro para que ocorra o tunelamento através deles. Portanto, obtém-se uma estrutura com dois capacitores com junção-túnel, e no eletrodo do meio ("ilha") está acoplado capacitivamente o terminal de porta do transistor. Os dois outros eletrodos das extremidades são fonte e dreno. Para o transistor funcionar, esses terminais devem estar polarizados com tensões V_s e V_d , respectivamente. Aplicando-se uma tensão V_g no terminal de porta, estabelece-se um potencial no eletrodo ilha que permite ou não o tunelamento do elétron proveniente do eletrodo fonte, que

posteriormente será tunelado para o eletrodo dreno, formando a corrente I entre fonte e dreno. Portanto, o terminal de porta juntamente com o eletrodo ilha controlam a passagem do elétron do terminal fonte para o dreno, similar ao que ocorre em transistores MOSFETs (HENNING, 1999; LIKHAREV, 1999).

Para a construção de uma junção-túnel, as dimensões de cada eletrodo do capacitor com capacitância de 1 fentofaraday, utilizando-se um isolante com constante dielétrica relativa em torno de 10 e espessura de um nanômetro, devem ser de $100 \times 100 \text{ nm}$ (HENNING, 1999). Atualmente, no CCS-UNICAMP pode se prever a fabricação destes transistores de um elétron com o auxílio do sistema FIB, que pode depositar e definir os eletrodos de Pt com essas dimensões, e pode utilizar como material isolante o óxido de Si, que também é depositado neste sistema.

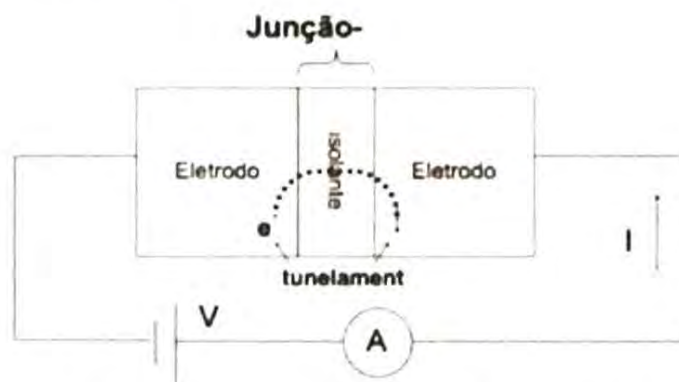


Fig. 2. Esquema do tunelamento do elétron em uma junção-túnel.

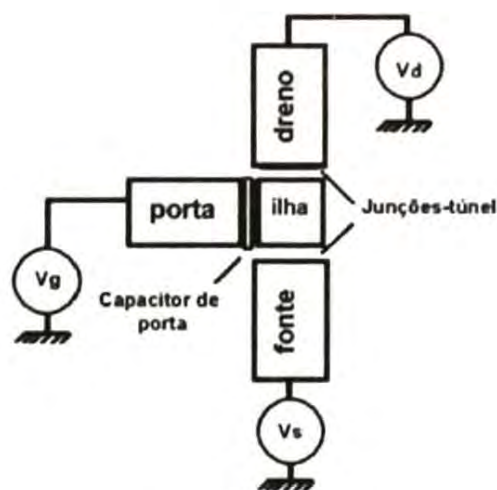


Fig. 3. Esquema do transistor de um único elétron.

MEMS e NEMS

Sistemas Microeletromecânicos (MEMS) referem-se a microsistemas eletrônicos que incorporam não só estruturas micromecânicas, mas também sensores e atuadores de outros domínios, tais como: químico, magnético, radiante e térmico. Talvez o leitor não saiba disto, mas já há MEMS no seu dia-a-dia. Em seu carro, em sua câmera digital, talvez em seu televisor e em seu telefone celular.

Os primeiros desenvolvimentos na área de MEMS foram realizados na década de 60 e, posteriormente, comercializados na década de 90. A tecnologia MEMS faz com que sistemas dos mais variados domínios sejam menores, mais rápidos, mais confiáveis e mais eficientes do ponto de vista do consumo de energia. Em um MEMS típico, circuitos integrados propiciam a parte "pensante" do sistema enquanto que estruturas microeletromecânicas complementam esta inteligência com percepção ativa (sensores) e controle de funções (atuadores).

A tecnologia para fabricação MEMS foi originalmente desenvolvida como uma tecnologia microeletrônica. A microeletrônica tem evoluído rapidamente desde a invenção do primeiro transistor em 1947 até o primeiro circuito integrado em 1959 e até os sistemas ULSI (*Ultra-Large Scale Integration*) de hoje. Através da história, a microeletrônica tem progredido com a diminuição das dimensões e aumento na densidade. Por outro lado, MEMS não usam apenas as figuras de mérito relacionadas ao escalonamento e densidade para medir seu progresso. MEMS tem progredido em diversidade e no aumento de possibilidades de suas aplicações.

Talvez o maior exemplo da evolução dos MEMS sejam os sensores de pressão microeletrônicos. Um marco para o início deste desenvolvimento aconteceu em 1954, quando Smith (1954) descobriu o efeito piezoresistivo presente no silício e no germânio. Este efeito é responsável pela apreciável variação da resistividade quando um esforço mecânico é aplicado no semicondutor. Hoje, sensores de pressão microeletrônicos têm um mercado consolidado e estão presentes nos relógios de pulso, nos automóveis, nos utensílios domésticos etc.

A Tabela 1 mostra a evolução dos produtos MEMS desde a descoberta de uma tecnologia até a comercialização completa. Todos esses produtos foram otimizados no decorrer dos anos em termos de custo, desempenho, confiabilidade e capacidade de fabricação em alto volume.

Tabela 1. Cronograma de evolução dos produtos MEMS (STAUFFER, 2005).

Produto	Descoberta	Evolução produto	Redução custos	Comercial
sensores de pressão	1954-1960	1960-1975	1975-1990	1990
acelerômetros	1974-1985	1985-1990	1990-1998	1998
sensores de gases	1986-1994	1994-1998	1998-2005	2005
válvulas	1980-1988	1988-1996	1996-2002	2002
display fotônicos	1980-1986	1986-1998	1998-2004	2004
sensores bioquímicos	1980-1994	1994-2000	2000-2004	2004
radiofrequência (RF)	1994-1998	1998-2001	2001-2005	2005
microrrelés	1977-1982	1993-1998	1998-2002	2002

Enquanto novas inovações e aplicações MEMS tem sido produzidas em centros de pesquisa e laboratórios de universidades, apenas uma pequena parte desses desenvolvimentos tem resultado em produtos comerciais. Tal distanciamento tende a diminuir a partir do momento em que ferramentas de projetos dirigidas a MEMS são criadas e incorporadas às ferramentas de projetos de circuitos integrados comerciais.

A padronização de ferramentas para síntese e a criação de modelos podem facilitar a utilização desta tecnologia por projetistas de circuitos integrados. Deve-se ter em mente que essa padronização e modelagem não são tarefas triviais, já que estamos lidando com sistemas multifísicos e quase sempre tridimensionais.

Temos que estar preparados. Fortalecer a nossa educação superior em micro e nanotecnologia. Criar pólos atrativos de tecnologia e gerar produtos MEMS com forte aplicação para o mercado nacional. A lacuna gerada pela falta de uma indústria nacional para a

fabricação de circuitos integrados e MEMS não é necessariamente a peça que falta no quebra-cabeças. Temos vários quebra cabeças menores e não menos desafiadores para serem montados. Podemos criar núcleos de projetos (*design houses*) especializados. Também, com investimentos adequados, podemos fortalecer a nossa competência para testar, caracterizar e encapsular MEMS. A engenharia de encapsulamento (*MEMS packaging engineering*) é uma ciência relativamente nova e que tende a se tornar cada vez mais importante no projeto de novos produtos. Esta é uma excelente oportunidade facilitadora à nossa entrada neste mercado promissor.

No cenário atual, o mercado MEMS começa a ser impulsionado por novas aplicações em medicina, indústria automotiva, entretenimento, agricultura e pecuária. Os dois últimos mercados podem ser particularmente beneficiados pela competência nacional de produção nesta área.

Nossa vocação natural para o mercado de agronegócios vem sendo explorada com competência nos últimos 10 anos. O uso de tecnologia no campo já é uma situação empregada, ou pelo menos desejada, por muitos produtores rurais. Desta forma, há uma necessidade crescente de novos sistemas e sensores que nem sempre é atendida por soluções importadas e/ou disponíveis na prateleira. Surge, então, um grande filão para ser explorado. O desenvolvimento de ferramentas e sistemas moldados para atender as necessidades locais esbarra na utilização de tecnologia de ponta e demanda pela utilização de microssistemas inteligentes. Na agricultura, por exemplo, as oportunidades estão se abrindo para veículos guiados automaticamente - eles irão precisar de sensores inerciais combinados com sistemas GPS (ROJAS, 2008).

Outro exemplo de oportunidade MEMS está no setor automotivo. A indústria automotiva dos Estados Unidos está se adaptando rapidamente para atender à exigência criada por uma legislação local na qual os fabricantes de automóveis devem instalar em todos os carros novos um sistema de monitoramento de pressão dos pneus. Esta é uma tendência que deve se espalhar rapidamente pelos mercados globais.

Para atender essa demanda, estão sendo criados novos sistemas baseados em tecnologia MEMS. O grupo de pesquisa da UNICAMP apresentou um novo sensor de pressão compatível com a tecnologia CMOS, com consumo de potência inferior a $3 \mu W$ (GARCIA e FRUETT, 2006). Esse sensor de baixa potência possibilita que a energia para seu funcionamento seja gerada localmente por meio do próprio movimento da roda do automóvel por exemplo. Considerando-se apenas o setor automotivo nacional, essa inovação MEMS possui um mercado potencial de 12 milhões de unidades por ano. Temos, assim, um panorama favorável para o desenvolvimento de um produto MEMS de baixo custo e que merece investimento para chegar à linha de produção.

Optoeletrônica

A optoeletrônica engloba sistemas e componentes onde a interação da radiação eletromagnética com a eletrônica é o ponto central. Os componentes ou sistemas optoeletrônicos são utilizados para a geração, detecção, conversão, amplificação, modulação, guiamento, filtragem, etc. de ondas eletromagnéticas por processos envolvendo, de alguma forma, a eletrônica. Destes componentes, os diodos laser (LD), os diodos emissores de luz (LEDs), os fotodetectores (FD), amplificadores de luz, os conversores fotovoltaicos, as matrizes de imageamento por CCD ou fotodiodos são exemplos típicos. Em sistemas, são bons exemplos os mostradores de tela plana (FPD) tais como de cristal líquido, de plasma e eletroluminescentes por LEDs inorgânicos ou orgânicos (OLED).

Segundo a Optoelectronics Industry Development Association – OIDA (2006), o mercado mundial de componentes optoeletrônicos e produtos habilitados pela optoeletrônica vem crescendo numa taxa anual de 20 % em média. Os últimos dados mostram, em 2005, uma receita de U\$ 100 bilhões em componentes e U\$ 250 bilhões em produtos habilitados. Em termos de produtos habilitados, computadores portáteis, câmeras, fones e PDAs somam 50%; mostradores LCD e por plasma somam 30% da receita. Os equipamentos para redes de comunicação óptica têm conquistado, aproximadamente, 12% do mercado nos últimos anos. Conseqüentemente, módulos de mostradores são os componentes

optoeletrônicos de maior receita, correspondendo a 72% do total. Em segundo lugar, vêm as fontes de luz e detectores, estes sim tradicionalmente ligados à optoeletrônica, com 20%. Os restantes 18% ficam divididos entre fibras, conectores, células solares, etc. O mercado das fontes e receptores de luz gira em torno de U\$ 20 bilhões. Os principais componentes são os LEDs para iluminação e os sensores para imageamento, com 33 % da receita cada um, seguidos pelos diodos laser com aproximadamente 25 %. Em termos de crescimento anual do mercado, as células solares têm recentemente liderado entre os componentes sendo seguidas pelos módulos de mostradores.

A seguir, descrevemos sucintamente alguns elementos da optoeletrônica: componentes de telecomunicação, componentes para bombeio óptico, LEDs de alto brilho (HB LED) para iluminação e mostradores planos (FPD). Por fim, faremos alguns comentários sobre os tópicos mais atuais da pesquisa e desenvolvimento na área.

Componentes para telecomunicação: Os principais componentes para telecomunicação são o laser de diodo (LD), os moduladores de luz e os fotodetectores. Também de importância, são os amplificadores ópticos a semicondutor (SOA) ou com fibras dopadas por érbio (EDFA). Neste último caso, os amplificadores são bombeados por laser de semicondutor.

Os LDs, ou mesmo os diodos emissores de luz (LEDs), demandam materiais com alta eficiência de conversão elétron-luz. Os materiais eficientes para os emissores de luz são baseados em estruturas de multicamadas de compostos semicondutores de elementos da tabela periódica dos grupos III e V, assim chamados, compostos III-V. Estas camadas crescem epitaxialmente, ou seja, com a mesma orientação cristalina que o substrato. Dois substratos principais são utilizados para epitaxia: GaAs e InP. Na busca de emissores na região espectral de menor dispersão cromática (1300 nm) ou de menor absorção em fibras ópticas (1550 nm), a família de compostos quaternários InGaAsP foi desenvolvida sobre substratos de InP (AGRAWAL e DUTTA, 1993). Essencialmente, todos os componentes semicondutores de telecomunicação utilizam estes compostos tanto para redes locais como de longa distância.

Os moduladores de luz são divididos em três classes: lasers diretamente modulados (DML), eletroabsorção(EA) e interferométricos. Os detectores mais comumente utilizados são com base em InGaAs/InP. Para altas taxas, são utilizados diodos de junção PIN (camada intrínseca entre uma junção pn) ou de avalanche. Os SOAs têm sua principal aplicação em pré-modulação para compensar perdas ópticas nos acoplamentos dos componentes e baratear os componentes em integração híbrida (FRATESCHI et al., 2004).

Componentes de bombeio: A utilização de LDs com elementos discretos ou arranjos de diversos lasers para o bombeio óptico de outros lasers é bastante comum e tem permitido a miniaturização de equipamentos. Exemplos mais importantes são o EDFA, laser de Nd-YAG e lasers de fibra em geral. No acima citado EDFA e nos lasers de fibra, lasers de poço quântico tensionado de InGaAs em GaAs são utilizados para o bombeio no comprimento de onda de 980 nm. No caso do laser de Nd-YAG, arranjos de lasers com base em GaAs sem compostos de Al são utilizados para bombear o meio ativo. Lasers de Nd-YAG pulsados e dobrados para a região do verde são hoje fabricados com dimensões reduzidíssimas e alta eficiência. Tanto os lasers de fibra como os de Nd-YAG têm vasta aplicação na indústria, inclusive metalúrgica.

Componentes para iluminação - LEDs de alto brilho: Na área de iluminação e sinalização, o espectro visível deve ser preenchido por diodos emissores de alto brilho (HB LED). Mais ainda, deseja-se HB LEDs para emissão de luz branca. Lâmpadas incandescentes e fluorescentes têm eficiência em torno de 2% e 10%, respectivamente. HB LEDs em produção já apresentam eficiência similar ou acima das lâmpadas fluorescentes, e protótipos já demonstram eficiência acima de 20% (CREE, 2006). Já a durabilidade dos HB LEDs em produção é cerca de 5 vezes (50 vezes) maior que a das lâmpadas fluorescentes (incandescentes), sendo seu modo de falha previsível e muito mais resistente a impacto.

Os HB LEDS são fabricados com compostos de AlGaInP crescidos em GaAs ou InP para a região espectral do vermelho ao verde. Para a região do verde ao ultravioleta, compostos de InGaAlN são

utilizados. Os HB LEDs brancos são hoje fabricados majoritariamente combinando-se um LED azul-violeta com um fósforo que emite no amarelo.

Mostradores de tela plana (FPDs): Os tipos mais comuns de FPDs são de cristal líquido (LCD, liquid crystal display), plasma (PDP, plasma display panel), eletroluminescentes (EL), que utilizam LEDs e OLEDs (orgânico polimérico ou não) e de projeção. Em 2005, o número de mostradores planos superaram os tubos de raios catódicos em número de unidades (200 milhões) (OIDA, 2006).

Os mostradores por projeção se concentram em televisores e utilizam um arranjo de microespelhos de tecnologia microeletromecânica (MEMS) para a produção de imagem. Os mostradores de plasma utilizam a luz ultravioleta de plasma para excitar fósforos em cada pixel. Esta tecnologia permitiu grande avanço na produção de televisores de área larga. Os mostradores de LCD, atualmente, baseiam-se na rotação da polarização de luz de cristais líquidos em cada pixel. O sistema necessita, portanto, de iluminação de fundo, que é polarizada e filtrada para as cores básicas, e a imagem produzida pela aplicação de uma tensão em cada pixel. A tendência atual é que essa iluminação passe a ser feita utilizando os HB LEDs. Mostradores de OLED ainda estão embrionários e restringem-se aos de pequena área. Os desafios em OLEDs são a degradação e uniformidade. Sem dúvida, existe grande potencial de os OLEDs tornarem-se dominantes na área de visualização. Espera-se que, para o final desta década, eles passem a ter uma participação mais contundente. No entanto, os LCDs devem se manter na liderança do mercado.

Tendências atuais: Por fim, é importante citar brevemente algumas áreas da ciência e/ou mesmo tecnologia onde atualmente se tem maior destaque. Dessas, ressaltamos: a área de cristais fotônicos, lasers de microcavidade, laser com região ativa nanoestruturada, fotônica de silício e laser de cascata quântica. Com os cristais fotônicos, novas propriedades ópticas de materiais e a fabricação de circuitos fotônicos de alta complexidade são buscados. Lasers de microcavidade permitem o desenvolvimento de circuitos fotônicos avançados. Atualmente, a possibilidade de utilizar pontos quânticos em meios ativos permite grande potencialidade no controle das

propriedades espectrais para lasers, amplificadores, moduladores e detectores. A fotônica de silício propõe a integração da tecnologia CMOS com a optoeletrônica. Por fim, o laser de cascata quântica está permitindo emissão eficiente em comprimentos de onda que chegam até centenas de micrômetros, ou seja, na região de THz.

Conclusões

Discutimos rapidamente alguns tópicos mais relevantes em semicondutores. Alguns desses temas são fascinantes pelo interesse científico, mas, sobretudo, todos têm grande apelo comercial. A constante evolução da micro à nanotecnologia, adicionada à possibilidade de integração de eletrônica, optoeletrônica, microeletromecânica, ou mesmo sistemas biológicos é o caminho de convergência que as próximas gerações estarão alcançando. É importante ressaltar que as micro e nanotecnologias convivem de forma integrada e complementar, já estão presentes em muitos produtos e não faz sentido separá-las como se fossem tecnologias totalmente distintas. Certamente, aqueles que dominarem cientificamente e tecnologicamente essas áreas estarão liderando a economia mundial.

Referências

AGRAWAL, G. P.; DUTTA, N. K. **Semiconductor lasers**. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

ALENCAR, M. S.; ALENCAR, J. I. S. Evolução histórica das comunicações no Brasil: do Império à República. **Revista de História**, Vitória, ES, v. 7, p. 101-114, 1998.

BOHR, M. A 30 year retrospective on Dennard's MOSFET scaling paper. **IEEE Solid-State Circuits Society newsletter**, Los Alamitos, v. 12, n. 1, p. 11-13, 2007.

COSTA, J. C. da et. al. **CMOS SoC for irrigation control**: Proceedings of the 2005 SOCC (IEEE International SOC Conference), Washington, DC. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2005. p. 51-54.

COTTET, A. et al. Nanospintronics with carbon nanotubes. **Semiconductor science and technology**, London, v. 21, p. S78, 2006.

CREE INC. **Cree Demonstrates 131 Lumens per Watt White LED**. 2006. Press release. Disponível em: <http://www.cree.com/press/press_detail.asp?i=1150834953712>. Acesso em: 17 nov. 2007.

FRATESCHI, N. C.; ZHANG, J.; CHOI, W.; GEBRETSADIK, H.; JAMBUNATHAN, R.; BOND, A. High performance uncooled C-band, 10 Gb/s InGaAlAs MQW electro-absorption modulator integrated to semiconductor amplifier in laser integrated modules. **Electronics Letters**, London, v. 40, n. 2, p. 140-141, 2004.

FUSE, T.; KAWANO, Y.; SUZUKI, M.; AOYAGI, Y.; ISHIBASHI, K. Coulomb peak shifts under terahertz-wave irradiation in carbon nanotube single-electron transistors. **Appl. Phys. Lett.**, New York, v. 90, n. 1, p. 0131191-3, 2007.

GARCIA, V.; FRUETT, F. A Mechanical-stress sensitive differential amplifier. **Sensors and Actuators. A, Physical**, Lausanne, v. A132, p. 8-13, 2006.

HENNING, T. **Charging effects in niobium nanostructures**. 1999. Thesis (PhD) - Chalmers University, Göteborg/Sweden.

HOENLEIN, W. et al. Carbon nanotubes for microelectronics: status and future prospects. **Materials Science & Engineering . Biomimetic Materials, Sensors and Systems . C**, Lausanne, v. 23, p. 663, 2003.

LEE, T. H. **The (pre-) history of the integrated circuit: a random walk**. Lecture at 2006 IEDM-IEEE conference. Disponível em: <<http://www.ieee.org/portal/site/sscs>>. April 2007 issue. Acesso em: 17 nov. 2007.

LIKHAREV, K. K. Single-electron devices and their applications. **Proceedings of The IEEE**, New York, v. 87, n. 4, p. 606, 1999.

MAZURÉ, C.; CELLER, G. K. Advanced Electronic Substrates for the Nanotechnology Era. **The Electrochemical Society interface**, Pennington, v. 15, n. 4, p. 33-40, 2006.

MEYYAPPAN, M. (Ed.). **Carbon nanotubes**: science and applications. Boca Raton: CRC Press, 2005. 289 p.

MOORE, G. E. Gramming more components onto integrated circuits. **Electronics**, New York, v. 38, p. 114-117, 1965.

MOSHKALEV, S. A.; MOREAU, A. L. D.; GUTTIERREZ, H. R.; COTTA, M. A.; SWART, J. W. Carbon nanotubes growth by chemical vapor deposition using thin film nickel catalyst. **Mater. Sci. Engineer. B**, Lausanne, v. 112, n. 2-3, p. 147-153, 2004.

NG, K. K. A Survey of Semiconductor Devices. **IEEE Transactions Electron Devices**, New York, v. 43, n. 10, p. 1760-1766, 1996.

OIDA. **Global optoelectronics industry market report and forecast**. Disponível em:

<http://www.researchandmarkets.com/reportinfo.asp?cat_id=0&report_id=571282&q=global%20telecom%20market%20status%20and%20forecast%20-&p=1>. Acesso em: 17 nov. 2007.

RIORDAN, M.; HODDESON, L. **Crystal Fire**. [S. l.]: W.W. Norton Comp., Inc., 1998. ISBN 0-393-31851-6.

ROJAS, H. J. V. Brasil um novo player em semicondutores.

MINAPIM News, n. 12, 2008. Disponível em:

<<http://www.suframa.gov.br/minapim/news/visArtigo.cfm?Ident=479&Lang=BR>>. Acesso em: 17 nov. 2007.

SMITH, C. S. Piezoresistance effect in germanium and silicon. **Phys. Rev.**, College Park, v. 94, n. 1, p. 42-49, 1954.

STAUFFER, J. M. Acelerômetros MEMS para aplicações de produtos. **MINAPIM News**, n. 4, 2005. Disponível em:

<<http://www.suframa.gov.br/minapim/news/visArtigo.cfm?Ident=66&Lang=BR#>>. Acesso em: 17 nov. 2007.

TANS, S. J.; VERSCHUEREN, A. R. M.; DEKKER, C. Room-temperature transistor based on a single carbon nanotube. **Nature**, London, v. 393, n. 6680, p. 49, 1998.

TUMMALA, R. R. Moore's Law Meets its Match. **IEEE Spectrum**, New York, v. 43, n. 6, p. 44-49, 2006.

Agricultura de precisão e oportunidades para a automação das decisões

José Paulo Molin

Agricultura de precisão e as suas demandas

A agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas encontradas nos talhões e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente. Trata-se de um conjunto de tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial da produção (SCHUELLER, 1992). Existem relatos de que se trabalha em agricultura de precisão desde o início do século XX. Porém, a prática remonta aos anos 1980, quando em 1988, nos EUA, fez-se a primeira adubação com doses variadas (STAFFORD, 2000).

No Brasil, as atividades ainda muito esparsas datam de 1995 com a importação de equipamentos, especialmente colhedoras equipadas com monitores de produtividade. O Primeiro Seminário Temático em Agricultura de Precisão, realizado pela Embrapa, em Sete Lagoas, MG, em abril de 1997, enfocou as diretrizes e recomendações à pesquisa e difusão de tecnologia no sentido de priorizar a aquisição, interpretação e modelagem de dados, bem como a implantação de áreas-piloto para fins de ensino, pesquisa e treinamento (EMBRAPA, 1997). Esse deveria ser o enfoque dado à agricultura de precisão pelas universidades e instituições de pesquisa brasileiras, nos anos seguintes.

A agricultura de precisão (AP) tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre um só: utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e, se possível, tirar proveito dessas desuniformidades. São práticas que podem ser

desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos. Hoje, especialmente no Brasil, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada, porém não se deve perder de vista que AP é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação etc), infestação de ervas daninhas, doenças e pragas.

Sob a ótica do uso de fertilizantes e corretivos, resumidamente existem duas estratégias que podem ser adotadas. A mais simples delas está relacionada ao manejo da fertilidade do solo por meio do gerenciamento da adubação (fertilizantes, calcário e gesso) das lavouras com base apenas em amostragem de solo em grade. Esta tem sido a estratégia para iniciação da grande maioria dos usuários brasileiros, especialmente nas áreas de grãos e cana-de-açúcar. É uma abordagem bastante simples e rápida. Do planejamento de uma amostragem sistemática de solo, passando pela sua retirada no campo, análise no laboratório, processamento dos dados e geração dos mapas de aplicação, por vezes, não é necessário mais do que 15 dias. Essa agilidade satisfaz o usuário que parte para soluções dessa natureza, normalmente em busca de economia de insumos.

A outra estratégia é mais ampla e mais elaborada e considera as plantas, pois leva em consideração a produtividade das culturas anteriores para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos. É uma abordagem que exige a geração dos mapas de produtividade, portanto exige mais equipamento, mais trabalho e maior domínio por parte do usuário ou de seu consultor. É uma estratégia que demanda mais tempo para a construção de um consistente conjunto de dados, mas a solução é proporcionalmente mais acertada por considerar também a variabilidade da produtividade da lavoura e não apenas aquela do conteúdo de nutrientes no solo. Nesse caso, as práticas de AP serão conduzidas com maior complexidade.

A maior quantidade de dados implica em informação mais consistente e o conseqüente diagnóstico referente à variabilidade presente tenderá a ser mais acertado. Dessa forma, dados de produtividade expressos por mapas são fundamentais, e a interpretação da variabilidade presente nas lavouras e evidenciada nos mapas de

produtividade implica numa relação entre causas e efeito. A interpretação e explicação para os fatos é a tarefa mais complexa, em que devem ser identificados os fatores que podem causar as baixas produtividades onde elas se manifestarem. É nesse contexto que devem ser aplicados os conceitos agronômicos que hoje são conhecidos, porém diferenciados para cada pequena porção da lavoura, e esse não é um desafio simples.

Outra grande diferença entre estratégias pode ser quanto aos objetivos que o usuário deve estabelecer. Uma abordagem pode ser a busca do aumento da produtividade, e a outra pode ser a redução do consumo de insumos. Parece simples, mas a confrontação dessas duas visões tem muitos desdobramentos e compromissos.

Num primeiro momento, especialmente para aqueles que adotam AP apenas com base na amostragem de solo em grade, as maiores chances estão na economia de calcário e de fertilizantes, com a aplicação destes em dose variada dentro de cada talhão. Este tem sido o resultado para a maioria dos usuários, a exemplo do que é demonstrado por MENEGATTI et al. (2006) ao analisarem dois cenários de utilização de fertilizantes e corretivos em lavouras de cana-de-açúcar em larga escala, indicando que a prática anterior, de aplicação de dose única, resultava em erro para mais, o que é perfeitamente compreensível quando a tomada de decisão pela recomendação de uma dose para toda a lavoura é feita de forma conservadora.

A busca por maiores produtividades com o uso de AP implica em estratégias mais elaboradas que normalmente estão associadas àqueles usuários que investiram mais em dados e conhecimento e dispõem de mapas de produtividade. Em AP, atestar aumento de produtividade não é algo que se faz simplesmente comparando resultados de fechamento entre safras. No entanto, para aqueles que optam por fazer intervenções na fertilidade do solo, mesmo que apenas com base nas amostragens, é de se esperar que com a realocação sejam diminuídos os desequilíbrios e, num segundo, momento a produtividade das culturas tenda a melhorar.

Sobre esse aspecto, nas lavouras de grãos, em plantio direto, por exemplo, a opção pela economia de insumos, especialmente em anos

em que os preços do produto estão baixos, parece ser uma boa seleção. Já um produtor de café, que tem um valor agregado significativamente maior, não pode focar redução de consumo de insumos mas, sim, a busca pelo aumento de produtividade e qualidade do produto, dentro dos limites econômicos.

Diretamente associado à aplicação de fertilizantes existem avanços recentes que devem ser acompanhados de perto. Um deles é a aplicação de fertilizantes nitrogenados em taxa variada com base na refletância das plantas em determinados comprimentos de ondas. Essa é uma área que tem recebido muito empenho por parte da pesquisa e da indústria. Tradicionalmente, trabalha-se com a obtenção de imagens multiespectrais, por satélite ou avião, para a geração de diagnósticos e recomendação. No entanto, sensores óticos com luz própria e para uso terrestre, próximo das plantas, têm sido usados, inclusive para leitura, interpretação e recomendação em tempo real.

Assim, também em outras áreas desenvolvem-se técnicas para mensurar alguma característica de planta ou de solo a fim de inferir sobre aspectos específicos de intervenção, na medida do possível, em tempo real. Espera-se que essas sejam, no futuro, práticas comuns, sustentáveis e mais acertadas do que aquelas de que se dispõe hoje para o gerenciamento das lavouras.

Oportunidades para a automação

O maior impulso que a AP teve, sem dúvida, foi com o surgimento do GPS, que, com a existência do GLONASS e o anúncio de outros sistemas, dão origem à sigla GNSS ou Sistemas de Navegação Global por Satélites. A pesquisa conduzida em 1929 por Linsley e Bauer, citados por STOMBAUGH et al. (2005), comprovou a variabilidade espacial da acidez do solo em que obtiveram reduções significativas nos custos da produção de grãos, sem o comprometimento da produtividade, realizando a aplicação diferenciada de calcário em uma área experimental. No entanto, somente no final da década de 1980, com a disponibilização de sinal de GPS, é que essa técnica se tornou viável e passou a ser predominantemente denominada de AP.

O primeiro usuário de tecnologia GPS na agricultura brasileira não foi especificamente para AP, mas sim na aviação agrícola, a partir de 1995. Nessa época, a única maneira de poder utilizar GPS era com alguma forma efetiva e prática de correção diferencial em tempo real. Esse sinal era suprido pelos próprios usuários a partir de estações temporariamente estacionárias, equipadas com rádio transmissor e, em 1997, surgiram os serviços de correção SBAS (MOLIN, 1998). No exterior, essa tecnologia teve início e grande aceitação inicial, em torno de 1992, na exploração florestal, onde a utilização de bandeiras é bastante dificultada pelas árvores.

A evolução natural para a orientação em faixas paralelas com os sistemas popularmente conhecidos como "barra de luz" deu origem aos sistemas de auto-esterçamento ou piloto automático. Estudos sobre veículos autônomos agrícolas, principalmente relacionados ao desenvolvimento do sistema de piloto automático surgiram no início de 1960. Apesar disso, apenas mais recentemente eles têm sido desenvolvidos com sucesso (REID, 2000).

Nos países de origem, o sistema de auto-esterçamento propicia aumento da capacidade de cultivar mais áreas com o mesmo maquinário em razão do aumento do número de horas trabalhadas, da maior velocidade alcançada e da redução da sobreposição. A pesquisa de Griffin (2004) mostrou que o tamanho ótimo da propriedade com o sistema de piloto automático com base em sinal de GPS é superior ao tamanho ótimo sem o uso da tecnologia. Além disso, essa diferença se deve à economia de tempo, uma vez que a utilização da tecnologia possibilita o aumento da velocidade, a redução da sobreposição e o acréscimo de horas trabalhadas por dia pelo operador. Outra conclusão a que o autor chegou diz respeito às taxas de arrendamento da terra. Com o sistema de piloto automático, observou que o produtor está disposto a pagar um valor superior por hectare arrendado até atingir o tamanho ótimo da propriedade. Nesse sentido, a tecnologia gera maior competição por terras e, conseqüentemente, maior taxa de arrendamento. Griffin et al. (2005) utilizaram um modelo de programação linear para analisar a viabilidade econômica dos sistemas de auto-orientação e de auto-esterçamento para produtores de milho nos Estados Unidos. Diferentes cenários foram comparados, tais como marcador de

espuma, marcador de linhas com discos, barra de luz e sistemas de piloto automático com diferentes níveis de precisão. Segundo os autores, os resultados indicaram que o sistema de piloto automático somente é lucrativo em situações em que se pode expandir o tamanho da propriedade. Holpp (2007) analisou o uso do sistema de orientação em faixas retas para produção de cereais. Os resultados encontrados apontam uma economia de tempo de 3 a 6 minutos por hectare ao ano; uma redução no uso de sementes, produtos de proteção à planta e fertilizantes, resultando em potenciais economias em torno de 6,3 a 7,3 (€) por hectare ao ano para a cultura de trigo; e, por fim, para sistemas de piloto automático com acurácia considerável, a necessidade de uma propriedade com aproximadamente 350 hectares, capaz, então, de compensar os custos anuais do sistema de orientação por meio de economias obtidas com o uso dessa tecnologia.

Essa automação, ligada à orientação e ao auto-esterçamento de veículos tem um significado muito expressivo para a agricultura porque provavelmente marca o início de uma jornada que não se sabe exatamente aonde vai chegar, mas certamente vai fomentar definitivamente a robótica aplicada à agricultura.

Retornando à essência da AP, que gira em torno da variabilidade espacial das lavouras e a necessidade de tratamentos localizados, existem duas grandes frentes de ação relacionadas à automação dos processos de tomada de decisão e de intervenção, preferentemente em tempo real; uma foca o solo e outra foca as plantas. O caminho que dá atenção às plantas assume que estas têm como expressar suas deficiências a partir de indicadores, e o indicador com mais potencial tem sido a reflectância da luz incidente, especialmente na região do visível e do infravermelho próximo.

Um dos aspectos mais relevantes do gerenciamento da fertilização das lavouras está no nitrogênio. Quando o suprimento de N excede da necessidade da cultura, o excesso é perdido por escoamento superficial e lixiviação, podendo contaminar ecossistemas aquáticos e o lençol freático (WOOD et al., 1993). Essa perda de nitrogênio para o ambiente representa também uma perda econômica para os agricultores. Entretanto, uma redução inapropriada no suprimento de

nitrogênio poderia resultar em redução de produtividade e, por conseqüência, perda econômica. Com esse dilema, a solução seria um método adequado de avaliar os teores de nitrogênio e sua variabilidade na lavoura. Sendo a produtividade determinada pelas condições da cultura nos estádios iniciais de desenvolvimento, faz-se necessário conhecer os teores de nitrogênio nesses estágios, para se aplicar taxas apropriadas, baseadas em avaliações acuradas das deficiências da cultura (HABOUDANE et al., 2002).

Para esse propósito, as técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas para avaliar as condições das culturas em relação ao nitrogênio. Propriedades espectrais, reflectância e transmitância das folhas são afetadas pela deficiência de nitrogênio (BLACKMER et al., 1996). Os sensores utilizados pelo sensoriamento remoto são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro eletromagnético e gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, quer seja na forma de imagem, quer na forma gráfica ou de tabelas. Os sistemas sensores são basicamente formados por uma parte óptica (coletor), constituída por lentes e espelhos, que têm o objetivo de captar e direcionar a energia proveniente dos alvos para os detectores. Quando o sistema sensor emite radiação e, após ter interagido com o alvo, capta a parte que voltou, o sistema é denominado ativo, por possuir sua própria fonte de radiação. Nesse caso, o sensor pode operar durante o dia ou à noite (MOREIRA, 2005). A iluminação natural nem sempre está disponível, como é o caso da presença de nuvens ou de horários noturnos, o que pode variar a intensidade e características espectrais dos alvos quando se utilizam sensores passivos.

Muitos pesquisadores usaram o sensoriamento remoto para estimar parâmetros das culturas como radiação fotossinteticamente ativa e índice de área foliar (BARET e GUYOT, 1991), conteúdo de clorofila nas folhas (TUMBO et al., 2002), cobertura do solo (BOISSARD et al., 1992), acumulação total de matéria seca (TUCKER et al., 1981), conteúdo de água (WAHEED et al., 2006), produtividade (FISCHER et al., 1993), conteúdo de nitrogênio (SOLIE et al., 2002), e muitas outras propriedades químicas da vegetação.

No estudo da resposta espectral de folhas verdes, Moreira (2000) constatou que, no intervalo de comprimentos de onda de 400 a 700 nm (faixa do visível), a reflectância é baixa, da ordem de 10%, com um suave aumento da resposta na região do verde (550 nm). Na faixa do infravermelho próximo (700 a 1300 nm), ocorre outro aumento na reflectância para valores próximos a 50%. Dai em diante, até 2500 nm (infravermelho médio - IVM), há um gradual decréscimo, aparecendo algumas feições de absorção pelo conteúdo de água líquida.

Na faixa visível, a queda da reflectância está associada à absorção pelos pigmentos foliares, principalmente pela clorofila. Na região do azul (A), a absorção ocorre nas proximidades do comprimento de onda de 445 nm e está associada à presença dos pigmentos xantofila, carotenos e clorofilas α e β . Na região do vermelho (V), apenas a clorofila atua, absorvendo energia em torno de 645 nm. Enquanto isso, o aumento de reflectância no infravermelho próximo (IVP) é devido à estrutura interna da folha como tamanho e formato das células, e quantidade de espaços intercelulares. Os índices espectrais de vegetação, ou simplesmente índices de vegetação (IV), podem ser definidos como a combinação de dados de duas ou mais bandas espectrais, selecionadas com o objetivo de melhorar a relação desses dados com os parâmetros da vegetação. São mais comumente utilizados os valores de reflectância, devido às dificuldades em interpretar e obter os resultados das medidas calibradas com valores de voltagem de saída, número digital e radiância (MOREIRA, 2000).

Inicialmente, Jordan (1969) propôs a razão entre as medidas espectrais dos comprimentos de onda de 800 e 675 nm para a determinação do índice de área foliar (IAF) em florestas. Essa relação entre comprimentos de onda do IVP e do V ficou conhecida mais tarde como índice de vegetação da razão simples (RVI - *Ratio Vegetation Index*). O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) surgiu em seguida, com o trabalho de Rouse et al. (1973), que encontraram uma relação entre medidas espectrais de duas bandas que melhor resolvia o problema das interferências do solo na resposta da vegetação e, também, diminuía as influências da atmosfera e das variações sazonais do ângulo do Sol. No entanto, a influência do solo, da atmosfera e da geometria de iluminação e visada não foi adequadamente eliminada,

tendo surgido diversas variações para o NDVI, na tentativa de obter um índice menos sensível a tais influências. Uma peculiaridade atribuída ao NDVI é a rápida saturação, que o torna insensível ao aumento da biomassa vegetal a partir de determinado estágio de desenvolvimento. Ou seja, o índice estabiliza em um patamar, apresentando um mesmo valor, mesmo com o aumento da densidade do dossel (MOREIRA, 2000).

Existem diversos fatores que interferem na obtenção dos índices de vegetação e que, para as mesmas condições de superfície, podem conduzir à obtenção de valores diferentes. Eles podem ser separados em dois grupos: fatores relacionados com a superfície observada e fatores relacionados com o processo de obtenção dos dados (GALVÃO et al., 1999). Fatores relacionados com a superfície observada incluem os aspectos intrínsecos à vegetação, que influenciam as medidas espectrais dos sensores. Fatores relacionados com o processo de obtenção dos dados envolvem as características de construção do sensor, como a largura e o posicionamento das bandas e a calibração do equipamento; a geometria de iluminação do Sol e de visada do sensor e os efeitos atmosféricos de absorção e espalhamento (MOREIRA, 2000). Em plantas estressadas, há um decréscimo na absorção pela clorofila, diminuindo também a reflectância no infravermelho devido a mudanças na estrutura das células da planta, e esse decréscimo leva a um aumento na reflectância no vermelho (AYALA-SILVA e BEYL, 2005).

Muitos estudos foram realizados para estimar a deficiência de nitrogênio, em milho (BLACKMER et al., 1996), trigo (STONE et al., 1996), feijão (THAI et al., 1998), algodão (SUI et al., 2005) e citros (MIN e LEE, 2005). Eles mostraram um grande potencial do uso de análise espectral para estimar a quantidade de nitrogênio nas culturas. Seus resultados mostram que a reflectância espectral é inversamente correlacionada com a quantidade de nitrogênio nas culturas.

Outros métodos podem ser utilizados para medir indiretamente o estresse de nitrogênio, como a quantidade de clorofila nas folhas, utilizando medidores de clorofila (PIEKIELEK et al., 1995). Wright et al. (2004), analisando fotografias aéreas e imagens de satélite, encontraram menor correlação com as variáveis da cultura do trigo do

que sensores terrestres, além de não ser possível obter sempre as imagens de satélite com a qualidade desejada devido a condições climáticas, como a presença de nuvens.

Outro índice utilizado foi correlacionar o conteúdo de N na planta combinando as bandas do verde (520-600 nm) e do infravermelho próximo (760-900 nm) (BAUSCH e DUKE, 1996). Os autores encontraram que o infravermelho próximo, normalizado, sobre o verde (IVP/verde), chamado de índice de reflectância do nitrogênio (NRI - *Nitrogen Reflectance Index*), poderia determinar a concentração total de N nas folhas em milho irrigado.

Stone et al. (1996) usaram um trator com os componentes de um sensor montados na frente para adquirir dados espectrais em trigo. O trator deslocava-se a uma velocidade de 3 km h⁻¹, e o sistema sensor estava programado para coletar dados na frequência de 10 leituras por segundo. Os autores obtiveram boa correlação entre a reflectância e a absorção de nitrogênio pela cultura ($r^2 = 0,64$ a $0,81$) para diferentes variedades de trigo. Taylor et al. (1998) usaram as mesmas configurações que Stone et al. (1996) para coletar dados espectrais de pastagens e também obtiveram boa correlação entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e a remoção de nitrogênio pela cultura ($r^2 = 0,75$).

Wright et al. (2004) encontraram maior correlação entre o índice de vegetação NDVI de um sensor comercial (GreenSeeker®) do que os índices de vegetação de imagens do satélite Quickbird II e imagens aéreas para a quantidade de nitrogênio aplicada na época da semeadura, quantidade de nitrogênio presente na folha bandeira, produtividade e teor de proteína em grãos de trigo. No mesmo trabalho Wright et al. (2004), mostraram que aplicações de nitrogênio no estágio de florescimento, em plantas de trigo deficientes em nitrogênio, aumentou significativamente a qualidade dos grãos, enquanto aplicação em plantas com N disponível teve pouco efeito sobre a qualidade dos grãos.

Schwab e Murdock (2004), correlacionando os valores de NDVI coletados com o mesmo sensor comercial não obtiveram boas correlações com a produtividade final, mas correlacionando com o INSEY (*in-season estimate of grain yield*), que é calculado dividindo o

NDVI pelo número de dias após a semeadura, afirmam que parece haver uma correlação ($r^2 = 0,55$). Kim et al. (2005), estudando dados de coleta com esse mesmo sensor em três épocas diferentes e dois tipos de sistemas de irrigação em cevada, encontraram correlações entre o NDVI e a dose de nitrogênio aplicada na semeadura de 63 a 90%, e correlações entre o NDVI e valores obtidos com um sensor de clorofila de 58% a 94%.

Estudos bastante recentes e ainda preliminares, no nosso meio, têm indicado o potencial do uso de sensores óticos ativos visando à detecção da deficiência de N, com bons resultados em culturas como trigo (POVH et al., 2007), cana-de-açúcar (INAMASU et al., 2006) e algodão (MOTOMIYA et al., 2007).

Com relação a sensores de solo, pode-se observar que os avanços, a quantidade de pesquisa e a diversidade de abordagens são ainda maiores que de plantas. O próprio penetrômetro, que mede a força de penetração de uma ponteira no solo, bem como as suas variações, tem sido utilizado para o diagnóstico da compactação pelo índice de cone (IC) desde os anos 1950. Uma ampla revisão sobre as suas aplicações e limitações foi feita por Perumpral (1987) e, mais recentemente, novas investidas têm agregado funções importantes, como a mensuração do teor de água do solo pela técnica de TDR (VAZ e HOPMANS, 2001). No mercado, já são disponíveis penetrômetros com células de carga e coleta de dados automatizada, o que agiliza a sua aplicação. No entanto, recentemente os alemães retomaram estudos que poderiam ser considerados já ultrapassados e observaram a necessidade de grande número de subamostras de IC para representar o estado de compactação de um ponto (DOMSCH et al., 2006). Muitos autores têm procurado medir a resistência mecânica horizontal do solo utilizando sensores de força em hastes (ADAMCHUK et al., 2001; HANQUET et al., 2004; ADAMCHUK e MOLIN, 2006), porém sua relação com a mensuração vertical não é tão evidente.

Outra grande frente de trabalho em solo tem sido a mensuração da condutividade elétrica e, hoje, é uma técnica já incorporada às práticas de prospecção em alguns países. A condutividade elétrica é influenciada por diversos fatores do solo como a porosidade,

concentração de eletrólitos dissolvidos, textura, quantidade e composição dos colóides, matéria orgânica e teor de água (RHOADES et al., 1976; NADLER e FRENKEL, 1980). Ela pode ser mensurada por contato direto com o solo, por meio de eletrodos, ou por indução eletromagnética. Alguns resultados recentes de pesquisas conduzidas no Brasil têm mostrado boa correlação entre a condutividade elétrica e o teor de argila do solo (MACHADO et al., 2006).

Os trabalhos com espectrofotometria de campo (SHIBUSAWA et al., 2005) têm avançado e, hoje, já se anuncia um equipamento comercial no Japão capaz de quantificar teor de água, matéria orgânica e componentes da textura. Da mesma forma, já se conhecem sensores de pH (ADAMCHUK et al., 1999; VISCARRA ROSSEL et al., 2005), sendo um desses já comercializado.

Existe ainda uma série de outras aplicações já pré-comerciais de automação da coleta de dados de características de solo e de plantas. Aplicações importantes e promissoras são aquelas que visam a detecção de plantas invasoras, e vários princípios têm sido estudados, desde a reflectância até a textura de imagens para a diferenciação de plântulas na aplicação localizada de herbicidas. Da mesma forma, na área relacionada ao diagnóstico de doenças, algum progresso tem sido observado com sensores que medem a fluorescência da clorofila das folhas, sem a interferência da movimentação das folhas pelo vento no campo (OUNIS et al., 2001). Com isso, é possível a detecção de alguns tipos de manifestação de doenças em plantas.

Percebe-se que a substituição das decisões, tanto de gestores como de operadores, por sistemas inteligentes, é uma tendência e uma necessidade. O desenvolvimento de equipamentos que utilizem os princípios já conhecidos e aplicados em outras áreas, personalizados para a agricultura moderna é uma necessidade e a AP está pressionando para que essas soluções surjam o mais rápido possível. A continuidade e expansão da agricultura extensiva, combinadas com as exigências e detalhamentos da AP, só serão possíveis com a automação de parte significativa das decisões e ações hoje realizadas por humanos.

Referências

ADAMCHUK, V. I.; MOLIN, J. P. Hastes instrumentadas para a mensuração da resistência mecânica do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 161-169, 2006.

ADAMCHUK, V. I.; MORGAN, M. T.; ESS, D. R. An automated sampling system for measuring soil pH. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 4, p. 885-891, 1999.

ADAMCHUK, V. I.; MORGAN, M. T.; SUMALI, H. Application of a strain gauge array to estimate soil mechanical impedance on-the-go. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 44, n. 6, p. 1377-1383, 2001.

AYALA-SILVA, T.; BEYL, C. A. Changes in spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrient deficiency. **Advances in Space Research**, Elmsford, v. 35, p. 305-317, 2005.

BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 35, p. 161-173, 1991.

BAUSCH, W. C.; DUKE, H. R. Remote sensing of plant nitrogen status in corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 5, p. 1869-1875, 1996.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VARVEL, G. E.; WALTER-SHEA, E. A. Nitrogen deficiency detection using reflected shortwave radiation from irrigated corn canopies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 1-5, 1996.

BOISSARD, P.; POINTEL, J. G.; TRANCHEFORT, J. Estimation of the Ground Cover Ratio of a Wheat Canopy Using Radiometry. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 13, n. 9, p. 1681-1692, 1992.

DOMSCH, H.; EHLERT, D.; GIEBEL, A.; WITZKE, K.; BOESS, J. Evaluation of the soil penetration resistance along a transect to determine the loosening depth. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 7, p. 309-326, 2006.

EMBRAPA. **Tecnologia em mecanização no Brasil: Equipamentos e sistemas para o futuro**. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO PARA PROSPECÇÃO DE DEMANDAS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL, 1997, Sete Lagoas-MG. Disponível em: <<http://wwwbases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/gipap/seminario.doc>>. Acesso em: 15 out. 1999.

FISCHER, R. A.; HOWE, G. N.; IBRAHIM, Z. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer: I - Grain yield and protein content. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 33, p. 37-56, 1993.

GALVÃO, L. S.; VITORELLO, I.; FILHO, R. A. Effects of band positioning and bandwidth on NDVI measurements of tropical savannas. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 67, n. 2, p. 181-193, 1999.

GRIFFIN, T. How GPS auto-guidance affects existing farms. **SSMC Newsletter**, West Lafayette, June 2004. Disponível em: <<http://purdue.edu/ssmc>>. Acesso em: 20 set. 2007.

GRIFFIN, T.; LAMBERT, D.; LOWENBERG-DeBOER, J. Economics of lightbar and auto-guidance GPS navigation technologies. In: STAFFORD, (Ed.). **Precision Agriculture '05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 581-587.

HABOUDANE, D.; MILLER, J. R.; TREMBLAY, N.; ZARCO-TEJADA, P. J.; DEXTRAZE, L. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 81, p. 416-426, 2002.

HANQUET, B.; SIRJACOBS, D.; DESTAIN, M.-F. Analysis of Soil Variability Measured with a Soil Strength Sensor. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 5, p. 227-246, 2004.

HOLPP, M. Work-economics and financial aspects of parallel guidance systems for tractors. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., 2007, Skiathos. **Proceedings...** Skiathos: John Stafford, 2007. p. 1-6.

INAMASU, R. Y.; SOUSA, R. V.; PORTO, A. J. V.; FORTES, C. LUCHIARI, A.; SCHEPERS, J. S.; SHANAHAN, J. F.; FRANCIS, D. D. Acesso ao estado nutricional da cana-de-açúcar por meio de sensor ativo de refletância. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2., 2006, São Pedro, SP. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2006.

JORDAN, C. F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. **Ecology**, Washington, v. 50, n. 4, p. 663-666, 1969.

KIM, Y.; EVANS, R. G.; WADDELL, J. **Evaluation of in-field optical sensor for nitrogen assessment of barley in two irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 2005. 10 p. (ASAE Paper, PNW05-1004).

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; VALENCIA, L. I. O.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; SILVA, C. A.; ANDRADE, A. G. A.; MADARI, B. E.; MEIRELLES, M. S. P. M. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 1023-1031, 2006.

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P.; GÓES, S. L.; KORNDORFER, G. H.; SOARES, R. A. B.; LIMA, E. A. Benefícios econômicos e agronômicos da adoção de agricultura de precisão em usinas de açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2., 2006, São Pedro. **Anais...** Piracicaba : USP/ESALQ, 2006.

MIN, M.; LEE, W. S. Determination of significant wavelengths and prediction of nitrogen content for citrus. **Transactions of the ASAE**, v. 48, n. 2, p. 455-461, 2005

MOLIN, J. P. Orientação de aeronave agrícola por DGPS comparada com sistema convencional por bandeiras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 62-70, 1998.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 320 p.

MOREIRA, R. C. **Influência do posicionamento e da largura de**

bandas de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação. 2000. 179 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. (INPE-7528-TDI/735).

MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. S.; LIMA, V. P. T.; CHIAVEGATO, E. J.; FRASSON, F. R. Sensoriamento remoto na detecção de deficiência de nitrogênio em algodoeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 299-304.

NADLER, A.; FRENKEL, H. Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurements by the four electrode method. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 1216-1221, 1980.

OUNIS, A.; CEROVIC, Z. G.; BRIANTAIS, J. M.; MOYA, I. Dual-excitation FLIDAR for the estimation of epidermal UV absorption in leaves and canopies. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 76, p. 33-48, 2001.

PERUMPRAL, J. V. Cone penetrometer applications: A review. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 4, p. 939-944, 1987.

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H.; TOTH, J. D.; MACNEAL, K. E. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 403-408, 1995.

POVH, F. P.; PAULETTI, V.; GIMENEZ, L. M.; SALVI, J. V.; FRASSON, F. R.; MOLIN, J. P. Avaliação de um sensor ótico ativo sob diferentes doses de nitrogênio em trigo In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2007.

REID, J.F. et al. Agricultural automatic guidance research in North America. **Computers and Electronic in Agriculture**, Amsterdam, v. 25, p. 155-167, 2000.

RHOADES, J. D.; RAATS, P. A. C.; PRATHER, R. J. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content and surface conductivity on

bulk soil electrical conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, p. 651-655, 1976.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: ERTS SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington, DC. **Proceedings...** Washington, DC: NASA, 1973. v. 1. p. 309-317.

SHIBUSAWA, S.; EHARA, K.; OKAYAMA, T.; UMEDA, H.; HIRAKO, S. A real-time multi-spectral soil sensor: predictability of soil moisture and organic matter content in a small field. In: STAFFORD, J. (Ed.). **Precision Agriculture '05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 495-502.

SCHUELLER, J. K. Review and integrating analysis of spatially variably crop control of crop production. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 33, p. 1-34, 1992.

SCHWAB, G. J.; MURDOCK, L. W. **Nitrogen fertilization of corn grown in Kentucky**. Kentucky: University of Kentucky, Lexington and Princeton, 2004.

SOLIE, J. B.; STONE, M. L.; RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V.; FREEMAN, K.; MULLEN, R.; NEEDHAM, D. E.; REED, S.; WASHMON, C. N. Real-time sensing and N fertilization with a field scale greenseeker™ applicator. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., 2002, Minneapolis. **Proceedings...** Madison: ASA; CSSA; SSSA, 2002. 1 CD-ROM.

STAFFORD, J. V. Implementing precision agriculture in the 21st century. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v. 76, n. 3, p. 267-275, jul. 2000.

STOMBAUGH, T.; COLE, J.; SHEARER, S.; KOOSTRA, B. A Test facility for evaluating dynamic GPS accuracy. In: STAFFORD, J. (Ed.). **Precision Agriculture '05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 605-612.

STONE, M. L.; SOLIE, J. B.; WHITNEY, R. W.; RAUN, W. R.; LEES, W. L. **Sensors for detection of nitrogen in winter wheat**. St. Joseph: ASAE, 1996. (ASAE Paper, 96-1757). Disponível em:

<<http://biosystems.okstate.edu/Home/mstone/papers/N-Sens/N-Sens.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2007.

SUI, R.; WILKERSON, J. B.; HART, W. E.; WILHELM, L. R.; HOWARD, D. D. Multi-spectral sensor for detection of nitrogen status in cotton. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 21, n. 2, p. 167-172, 2005.

TAYLOR, S. L.; RAUN, W. R.; SOLIE, J. B.; JOHNSON, G. V.; STONE, M. L.; WHITNEY, R. W. Use of spectral radiance for correcting nitrogen deficiencies and estimating soil test variability in an established Bermuda grass pasture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 11, p. 2287-2302, 1998.

THAI, C. N.; EVANS, M. D.; DENG, X.; THEISEN, A. F. **Visible & NIR imaging of bush beans grown under different nitrogen treatments**. St. Joseph: ASAE, 1998. 10 p. (ASAE Paper, 98-3074).

TUCKER, C. J.; HOLBEN, B. N.; ELGIN JUNIOR, J. H.; McMURTREY, J. E. Remote Sensing of Total Dry-Matter Accumulation in Winter Wheat. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 11, p. 171-189, 1981.

TUMBO, S. D.; WAGNER, D. G.; HEINEMANN, P. H. Hyperspectral characteristics of corn plants under different chlorophyll levels. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 45, n. 3, p. 815-823, 2002.

VAZ, C. M. P.; HOPMANS, J. W. Simultaneous measurement of soil strength and water content with a combined penetrometer-moisture probe. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 4-12, 2001.

VISCARRA ROSSEL, R. A.; GILBERTSON, M.; THYLÉN, L.; HANSEN, O.; McVEY, S.; McBRATNEY, A. B. Field measurements of soil pH and lime requirement using an on-the-go soil pH and lime requirement measurement system. STAFFORD, J. (Ed.). **Precision Agriculture '05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 511-520.

WAHEED, T.; BONNELL, R. B.; PRASCHER, S. O.; PAULET, E. Measuring performance in precision agriculture: CART – A decision

tree approach. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 84, n. 1/2, p. 173-185, 2006.

WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; HIMELRICK, D.G. Relationship between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. **Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand**, [S. l.], v. 23, p. 1-9, 1993.

WRIGHT, D. L.; RASMUSSEN, V. P.; RAMSEY, R. D.; BAKER, D. J.; ELLSWORTH, J. W. Canopy reflectance estimation of wheat nitrogen content for grain protein management. **GIScience and Remote Sensing**, Columbia, v. 41, n. 4, p. 287-300, 2004.

Desafios no desenvolvimento de tecnologia para a produção de biodiesel no Brasil

Murilo Daniel de Mello Innocentini

Introdução

Desde o começo do século 20, os combustíveis derivados do petróleo têm sido a principal fonte de energia mundial. No entanto, previsões de que esse recurso deve chegar ao fim em um futuro próximo, somadas às crescentes preocupações com o ambiente, têm instigado a busca de fontes de energia renovável.

O uso de óleos vegetais em motores de combustão interna teve início com a própria invenção do motor do ciclo diesel. Em 1898, Rudolf Diesel demonstrou sua invenção na Feira Mundial em Paris, usando óleo de amendoim como combustível. Sua intenção era oferecer um meio de pequenas indústrias, fazendeiros e pessoas comuns competirem com o monopólio de grandes indústrias, que controlavam toda a produção de energia naquela época. A idéia era o uso de fontes naturais de combustível, como biomassa. Em 1913, Diesel desapareceu do navio em uma viagem à Inglaterra. Não se sabe se foi suicídio, acidente ou homicídio, uma vez que ele se opunha fortemente ao uso de seus motores com fins bélicos pela Alemanha. A partir daí, fatores de natureza econômica, principalmente o maior custo e a menor disponibilidade perante aos derivados de petróleo, levaram ao completo abandono dos óleos vegetais como combustíveis até a metade do século 20.

A diferença de propriedades entre o combustível denominado diesel e os óleos vegetais resulta principalmente da diversidade molecular entre esses dois grupos de substâncias. O diesel é constituído de hidrocarbonetos com número médio de carbonos em torno de 14 a 16. Os óleos vegetais são triésteres da glicerina, ou seja, produtos

naturais da condensação da glicerina com ácidos graxos, cujas cadeias laterais de ácidos graxos têm números de carbonos variando entre dez e dezoito, com valor médio de quatorze a dezoito para os tipos de óleos mais abundantes. Além da presença do agrupamento funcional do tipo de éster, os óleos vegetais possuem peso molecular cerca de três vezes maior que o diesel. Essa diferença de estrutura química entre diesel e óleos vegetais resulta em diferentes propriedades físicas e químicas. Além de serem mais viscosos, dificultando a alimentação no motor, os óleos vegetais apresentam subprodutos durante a queima que podem danificar o motor ou causar problemas ambientais (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998; PARENTE, 2003).

Uma das alternativas para o aproveitamento de matérias-primas oleaginosas envolve a quebra das moléculas de triglicerídeos em moléculas menores através da reação entre os óleos vegetais e um álcool, normalmente metanol ou etanol. O produto dessa reação, denominada de transesterificação, é uma combinação de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, denominados genericamente de biodiesel. O outro produto da reação é a glicerina, uma matéria-prima importante na indústria química, de alimentos e de cosméticos.

Pode-se dizer que o biodiesel tem características similares ao diesel no que diz respeito à viscosidade, densidade, capacidade calorífica e pode ser usado puro ou misturado ao diesel em qualquer proporção para movimentar o motor, sem que seja necessária modificação alguma (PARENTE, 2003). A queima do biodiesel gera 98% menos enxofre, responsável pela chuva ácida e problemas respiratórios, 78% menos gases de efeito estufa e 50% menos material particulado (fumaça preta), que também é responsável por problemas respiratórios. Além disso, o biodiesel tem número de cetano equivalente ao diesel (mesmo poder energético de queima), possui teor médio de oxigênio em torno de 11% e possui maior ponto de fulgor que o diesel convencional. Além dessas vantagens, o biodiesel produzido a partir de etanol possui um ciclo fechado de carbono, ou seja, as emissões de CO₂ que ele gera são compatíveis com as absorvidas pelas plantações das oleaginosas e da cana-de-açúcar. Na sua forma pura, o biodiesel pode ser armazenado em qualquer lugar onde o petróleo é armazenado, e pelo fato de ter maior ponto de

fusão, o seu transporte é mais seguro que do diesel, gasolina e álcool. A despeito de tais vantagens, a produção e o uso comercial do biodiesel até pouco tempo eram restritos a poucos países, como Alemanha, Estados Unidos, Austrália, Tailândia e Inglaterra. A principal razão da pouca disseminação é que uma das principais matérias-primas originalmente utilizadas é o álcool metílico, conhecido como metanol, que, na maioria dos casos, vem de fontes não renováveis como o petróleo, além de ser altamente tóxico e inflamável, inviabilizando a produção artesanal ou em pequenas unidades sem um rigoroso controle operacional.

No entanto, sabe-se há muito tempo que a produção de biodiesel pode seguir a rota etílica, ou seja, ser produzido através da reação do etanol com os óleos vegetais. Neste caso, o principal obstáculo é químico, uma vez que a separação de fases entre os produtos (ésteres etílicos e glicerina) é relativamente mais demorada e complexa (PARENTE, 2003). No entanto, o Brasil é o líder mundial na tecnologia de produção de álcool etílico. Isso tem motivado o crescente estudo de rotas químicas que facilitem a produção de ésteres etílicos, de modo de utilizar todo o potencial agrícola do Brasil. A possibilidade de produção de biodiesel no Brasil com o uso de óleo de soja e etanol é especialmente promissora, tendo em vista que o país é o segundo maior produtor de soja e de etanol do mundo. Por possuir uma cadeia produtiva já desenvolvida, o óleo de soja pode ser o carro-chefe para a produção de biodiesel no Brasil, abrindo as portas para as demais oleaginosas.

O biodiesel pode também ocasionar uma maior estabilidade em relação ao suprimento de combustível em áreas isoladas e de difícil acesso, que estão longe dos centros de distribuição, e aonde o diesel chega com preço elevado pelos gastos com transporte. Muitas propriedades rurais dispõem das matérias-primas para a produção do biodiesel, que poderia ser uma opção de energia extremamente inovadora e útil para muitos agricultores (PENTEADO, 2005).

A química do biodiesel

Óleos vegetais e gorduras são formados predominantemente de triglicerídeos, que são triésteres, produtos da condensação entre uma

molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos (MORETTO e FETT, 1998). A reação de transesterificação de cada molécula de triglicerídeo com três moléculas de álcool resulta na formação de três moléculas de monoésteres e uma molécula de glicerol, conforme esquematizado na Figura 1. Desta forma, biodiesel é o nome genérico dada à mistura de monoésteres resultante da transesterificação de triglicerídeos presentes em óleos e gorduras.

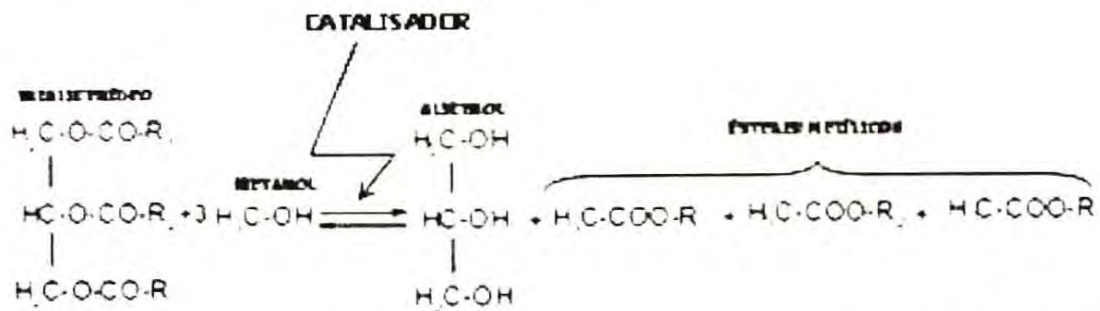


Fig. 1. Esquematização de reação de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais para a produção de biodiesel.

Um catalisador é normalmente utilizado para aumentar a velocidade e o rendimento da reação, e uma vez que a reação é reversível, excesso de álcool é usado para deslocar o equilíbrio para o lado dos produtos. Álcoois são geralmente os alifáticos monoídricos primários e secundários, tendo entre 1 e 8 átomos de carbono, sendo os principais exemplos: metanol, etanol, propanol e butanol (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998). Metanol e etanol são usados mais freqüentemente, por causa do baixo custo e de suas vantagens químicas e físicas (são os menores e mais polares álcoois). O álcool reage rapidamente com triglicerídeos e o NaOH é facilmente dissolvido nele. Para completar a reação de transesterificação estequiometricamente, uma razão molar 3:1 de álcool-triglicerídeo é necessária. Na prática, a razão necessita ser mais alta para deslocar o equilíbrio para o máximo rendimento de ésteres (até 6:1). A reação pode ser catalisada por álcalis, ácidos ou enzimas (SCHUCHARDT, et al., 1998). Os álcalis incluem o NaOH, KOH, carbonatos e alcóxidos de sódio e potássio. Ácido sulfúrico, ácidos sulfônicos e ácido hidrolórico são usualmente usados como catalisadores ácidos (VICENTE et al., 2004). Lipases também podem ser usadas como biocatalisadores (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998). A

maior parte dos trabalhos aponta vantagens para o processo de catálise alcalina, onde se observa maior rendimento e seletividade, além de apresentar menores problemas relacionados à corrosão dos equipamentos (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998; VICENTE et al., 2004).

O hidróxido de potássio (KOH), apesar de mais caro que o hidróxido de sódio (NaOH), vem sendo usado com vantagens na separação do óleo transesterificado e glicerol. A utilização de catalisadores heterogêneos ácidos ou básicos é bem menos estudada que os sistemas homogêneos no processo de transesterificação, embora vantagens como a menor contaminação de produtos, a facilidade de separação do catalisador do meio reacional e a diminuição dos problemas de corrosão favoreçam a utilização de sistemas heterogêneos. Por outro lado, esses sistemas podem apresentar problemas de transferência de massa, sobretudo em reações envolvendo moléculas de alto peso molecular (VICENTE et al., 2004).

Outro ponto importante é o equilíbrio da reação de transesterificação. A conversão de equilíbrio desse processo é usualmente baixa em temperaturas brandas. O deslocamento do equilíbrio favorecendo a produção de biodiesel pode ser obtido através da utilização de grandes excessos de álcool ou simplesmente retirando-se glicerol (subproduto), sendo este último o modo economicamente mais atraente. Contudo, a retirada de glicerol por decantação natural é muito lenta, o que dificulta o desenvolvimento de um processo contínuo. Torna-se necessário o estudo de alternativas como a centrifugação ou a utilização de aditivos que promovam a aglomeração das moléculas de glicerol, favorecendo assim a separação desse último (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998; PARENTE, 2003).

Etapas do processo de produção de biodiesel

A Figura 2 apresenta um fluxograma típico de produção de biodiesel, a partir de uma capacidade total de 1000 L de mistura de reagentes (óleo e etanol). O processo inicia-se com a preparação do óleo vegetal, que é filtrado, processado com materiais alcalinos para remover ácidos graxos e então secado para eliminar umidade

residual. Esse óleo é então misturado sob vigorosa agitação a uma solução alcoólica contendo uma base forte (geralmente hidróxidos de sódio ou de potássio P.A.).

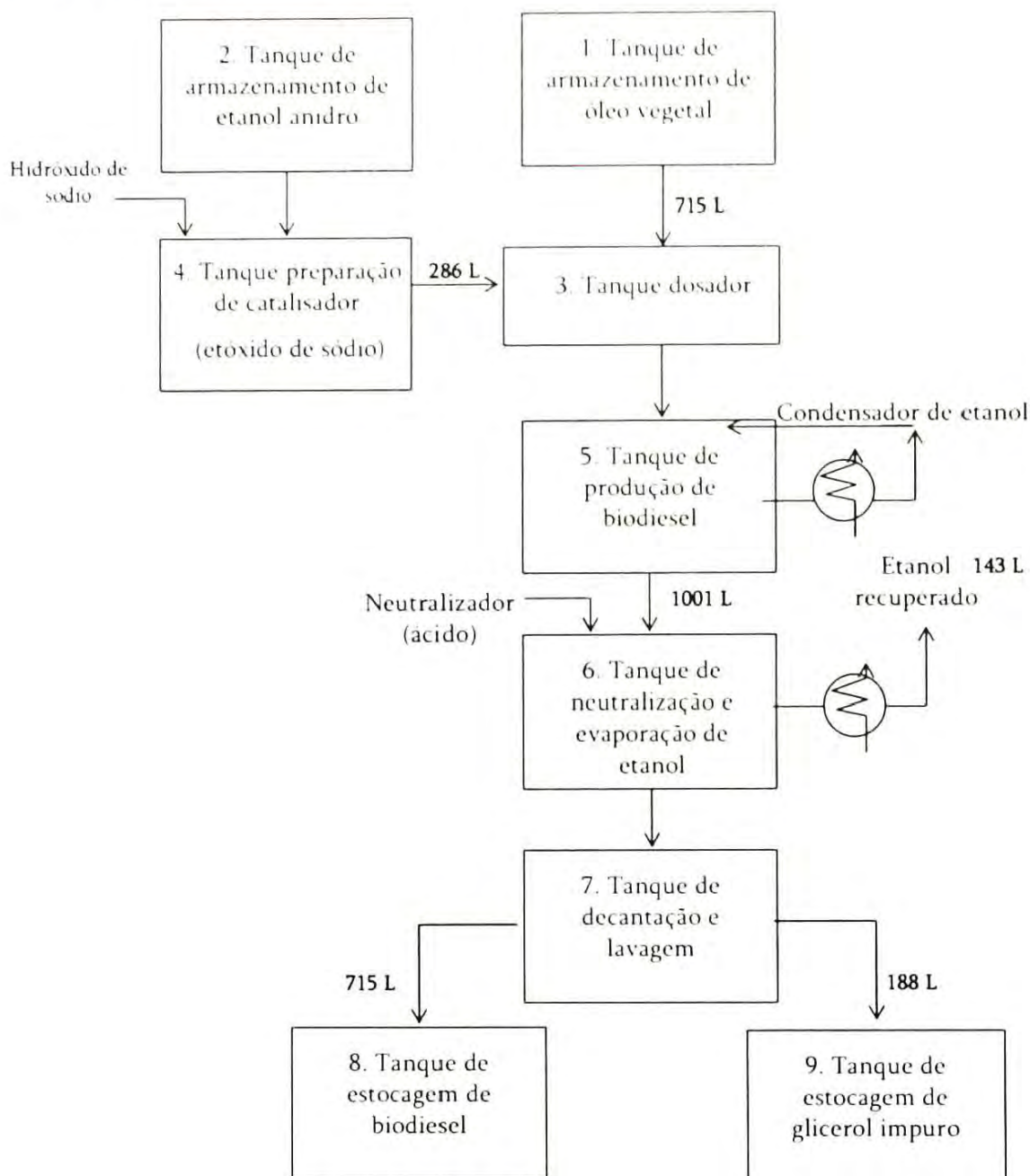


Fig. 2. Fluxograma produtivo típico de biodiesel pelas transesterificação alcalina de óleos vegetais.

A proporção molar de óleo e álcool é geralmente de 6:1 como forma de forçar o deslocamento do equilíbrio da reação para a formação de produtos. O teor de base forte dissolvida no álcool é de 0,5 a 2 g para cada 100 g de óleo. A reação ocorre de temperatura ambiente até 60°C durante cerca de 2 horas. Após esse período, a mistura é

colocada em repouso por um período de até 8 horas, para ocorrer a separação de fases: uma superior, contendo o biodiesel, e uma inferior, contendo o glicerol formado, etanol e os glicerídeos não convertidos. Após a separação das fases, o biodiesel é lavado por pulverização de água levemente acidificada para remover os materiais não convertidos e o metal alcalino presente (sódio ou potássio), que podem ser prejudiciais ao motor durante a queima. Após a lavagem, o biodiesel é filtrado e aquecido para a evaporação de umidade residual, quando então pode ser armazenado para consumo.

Além do combustível propriamente dito, o processo de transesterificação produz glicerol, que na forma bruta pode ser usado como sabão ou desengraxante. Depois de purificado, o glicerol tem diversos usos nobres, inclusive para a produção de cosméticos e na indústria farmacêutica.

Desafios na produção industrial de biodiesel

Muita discussão tem sido gerada a partir da afirmação que a produção de biodiesel pode ser disseminada ao pequeno agricultor, incentivando a agricultura familiar e facilitando o uso do combustível em locais de difícil acesso ou de difícil transporte do diesel do petróleo. Uma crítica comum é que a produção em pequena escala de biodiesel não é viável economicamente, da mesma forma que ocorre atualmente com a produção em pequena escala de álcool combustível (álcool hidratado). No entanto, é preciso considerar que a maioria do maquinário agrícola (tratores, colheitadeiras, roçadeiras, etc) é movido a diesel e não a álcool. Desta forma, o produtor encontra uma motivação direta para ter sua própria produção de combustível, além de que pode explorar fontes próprias de óleos e gorduras, barateando a produção. A falsa idéia de que o processo de produção de biodiesel é isento de problemas, aliada à grande disponibilidade de equipamentos no mercado, pode, contudo, levar à frustração muitos pequenos investidores.

Do ponto de vista químico, qualquer triglicerídeo pode ser convertido em biodiesel. Diversos aspectos, no entanto, devem ser considerados para que a reação de transesterificação em escala industrial seja bem sucedida. A seguir são discutidas algumas das principais dificuldades

para a viabilização de uma unidade produtora de biodiesel em pequena e média escala.

Necessidade de refino do óleo ou gordura

Óleos vegetais ou gorduras animais não são compostos apenas de triglicerídeos, mas também de pequenas quantidades de componentes não-glicerídeos (até 5% nos óleos vegetais brutos e até 2% nos óleos refinados). Dentre esses componentes, destacam-se os fosfatídeos (gomas), esteróis, álcoois graxos e seus ésteres (ceras), terpenóides (caroteno e tocoferóis), ácidos graxos livres, mono e diglicerídeos, umidade e sólidos (MORETTO e FETT, 1998). A Tabela 1 apresenta alguns dos componentes não-glicerídeos de vários óleos e gorduras não-refinados.

Tabela 1. Constituintes não-glicerídeos em óleos e gorduras não-refinados.

Óleo ou gordura	Fosfatídeos (%)	Esteróis (ppm)	Colesterol (ppm)	Tocoferol (ppm)	Tocotrienóis (ppm)
açafrão	0,5 ± 0,1	2373 ± 278	7 ± 7	460 ± 230	15 ± 15
algodão	0,8 ± 0,1	4560 ± 1870	68 ± 40	865 ± 35	30 ± 30
amendoim	0,35 ± 0,05	1878 ± 978	54 ± 54	482 ± 345	256 ± 216
canola	2,0 ± 1,0	8050 ± 3230	53 ± 27	692 ± 85	-
coco	< 0,07	805 ± 335	15 ± 9	6 ± 3	49 ± 22
girassol	0,7 ± 0,2	3495 ± 1055	26 ± 18	738 ± 82	270 ± 270
milho	1,25 ± 0,25	15050 ± 7100	57 ± 38	1477 ± 183	355 ± 355
oliva	< 0,1	100	< 0,5	110 ± 40	89 ± 89
palma	0,075 ± 0,025	2250 ± 250	16 ± 3	240 ± 60	560 ± 140
palmiste	< 0,07	1100 ± 310	25 ± 15	3	30 ± 30
soja	2,2 ± 1,0	2965 ± 1125	26 ± 7	1293 ± 300	86 ± 86
banha	< 0,05	1150 ± 50	3500 ± 500	-	-
sebo	< 0,07	1100 ± 300	1100 ± 300	-	-

Fonte: FOOD fats and oils (2006).

Sabe-se que muitos desses constituintes afetam a reação de transesterificação: a umidade inibe a ação de catalisadores alcalinos; ácidos graxos livres reagem com o hidróxido de sódio ou potássio, levando à formação de sabões; mono e diglicerídeos, por sua vez, são

agentes emulsificantes e promovem a miscibilidade entre o glicerol formado e o biodiesel, dificultando sua separação pós-reacional.

A conversão de óleos brutos em biodiesel ainda é sujeita à intensa investigação em literatura (VICENTE et al., 2004; LANG et al., 2001; DUFRECHE et al., 2007; MENEGHETTI et al., 2006; CRUZ et al., 2007; LOBO et al., 2007) e normalmente é viável apenas em laboratório, em condições reacionais muito específicas (uso de metanol, grande razão molar álcool/óleo, temperatura elevada, grande tempo reacional, etc.).

A estabilidade química de óleos logo após a extração é outro fator importante. Óleos de palma e babaçu, por exemplo, são rapidamente hidrolisados a ácidos graxos após a extração, tornando o processo de transesterificação por catálise alcalina ainda mais complexo.

Para todos os óleos e gorduras com elevada instabilidade química ou teor acentuado de componentes minoritários, o refino torna-se necessário para garantir condições ótimas de conversão em biodiesel, o que implica etapas adicionais no processamento ou então aquisição de matéria-prima previamente tratada, ambos fatores que encarecem o produto final.

As principais etapas do refino são degomagem (hidratação), neutralização (desacidificação), branqueamento (clarificação) e desodorização (MORETTO e FETT, 1998). Dependendo da composição química dos componentes minoritários, diferentes etapas são necessárias até a condição ideal de produção de biodiesel. Por exemplo, a degomagem e a neutralização do óleo de soja são suficientes para torná-lo viável à conversão em biodiesel industrialmente.

A viabilização econômica de uma unidade produtiva de biodiesel em pequena escala requer a escolha adequada de matérias-primas oleaginosas que apresentem poucas impurezas não-glicerídeas em sua composição, e deste modo que necessitem o mínimo pré-tratamento ou refino, barateando o custo da matéria-prima e diminuindo a complexidade tecnológica da produção de biodiesel. Embora a escolha de culturas de oleaginosas esteja vinculada às

características de solo e clima de cada região, o aspecto de dificuldade de refino deve ser levado também em conta.

Composição química de triglicerídeos em óleos e gorduras

Ao contrário do etanol, que tem sua fórmula química bem especificada ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) - e conseqüentemente suas propriedades físicas e químicas - o biodiesel, na verdade, é um nome genérico para uma família de ésteres e, por isso, tem uma grande variação de propriedades. Isso decorre do fato de que um óleo vegetal é composto de triglicerídeos com diferentes composições de ácidos graxos (MORETTO e FETT, 1998). Além da variação esperada entre espécies vegetais, a composição também pode variar dentro da mesma espécie, conforme a época de plantio, variedade da planta, condições climáticas, adubação e outros.

Para a elaboração da dosagem entre óleo e álcool para que a reação de transesterificação ocorra adequadamente, duas características dos óleos são muito importantes: a sua densidade e a sua massa molar média. Uma vez que a relação estequiométrica reacional entre óleo e álcool é em base molar (3 moles de álcool reagem com 1 mol de triglicerídeo), cada tipo de óleo necessita de uma quantidade específica de álcool para reagir. Da mesma forma, a quantidade ótima de catalisador é especificada em termos da massa do óleo, e não de seu volume. A Tabela 2 apresenta a densidade e a massa molar média de alguns óleos vegetais, bem como o volume de álcool (metanol e etanol) e a massa de catalisador requeridos para a reação de 1000 L de óleo.

Uma quantidade de catalisador abaixo da recomendada pode resultar em um tempo reacional maior para atingir o grau de conversão desejado; por outro lado, o seu uso excessivo pode acarretar a formação de emulsões de difícil separação durante a lavagem do biodiesel. Em relação ao álcool, o uso em excesso além do recomendado (6:1 molar) significa gastos adicionais com matéria-prima, enquanto que abaixo desta razão pode resultar em conversão incompleta, dada a característica reversível da reação de transesterificação.

Tabela 2. Características reacionais de diferentes óleos vegetais (para 1000 L de óleo).

Óleo ou gordura	Massa molar (g/mol)	Densidade 25°C (kg/m ³)	Massa óleo (kg)	Volume etanol ¹ (L)	Volume metanol ² (L)	Massa catalisador ³ (kg)
algodão	867,38	0,918	918	370	257	9,18
amendoim	885,02	0,919	919	363	252	9,19
babaçu	847,28	0,923	923	381	264	9,23
colza	959,04	0,914	914	333	231	9,14
girassol	877,22	0,925	925	369	256	9,25
linhaça	872,40	0,934	934	375	260	9,34
mamona	920,21	0,956	956	363	252	9,56
milho	872,81	0,923	923	370	256	9,23
soja	882,82	0,925	925	367	254	9,25

¹Baseado em proporção de 100% de excesso molar (6 moles de etanol para 1 mol de óleo). Massa molar do etanol = 46 g/mol. Densidade do etanol: 0,789 kg/L.

²Baseado em proporção de 100% de excesso molar (6 moles de metanol para 1 mol de óleo). Massa molar do metanol = 32 g/mol. Densidade do metanol: 0,792 kg/L.

³Baseada em proporção de 1% em massa de óleo (1 g de catalisador/100 g de óleo).

Outro aspecto reacional importante que deve ser considerado para a avaliação da viabilidade industrial de produção de biodiesel é a própria composição dos ácidos graxos presentes nos triglicerídeos (MORETTO e FETT, 1998). A nomenclatura de ácidos graxos e a composição presente em diferentes tipos de óleos são apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

O ponto de fusão de ácidos graxos aumenta com o tamanho da cadeia, porém diminui com a presença de insaturações (duplas ligações) ou hidroxilas. As propriedades do óleo e do biodiesel serão alteradas de forma similar por essas características dos ácidos graxos. É essa uma das razões pelas quais, independentemente do sucesso da transesterificação, o biodiesel proveniente de alguns tipos de óleos é mais problemático para atender determinadas especificações de qualidade, como viscosidade e ponto de névoa. Por exemplo, biodiesel de óleo de mamona tem viscosidade muito elevada, decorrente da presença da hidroxila (OH) em sua cadeia (LOBO, 2007). Biodiesel de sebo bovino, por outro lado, tem alto

ponto de fusão e pode se tornar turvo em baixas temperaturas, decorrente da cadeia saturada e do baixo peso molecular.

Tabela 3. Principais ácidos graxos em óleos vegetais.

Ácido graxo	Tipo ligação	Fórmula química	PF (°C)
caprílico	C8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16,5
capríco	C10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31,6
láurico	C12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44,8
mirístico	C14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54,4
palmitico	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	62,9
palmitolêico	C16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	0,0
esteárico	C18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	70,1
oleico	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	16,3
ricinoleico	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CHOHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	5,0
linoleico	C18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	5,0
linolenico	C18:3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	11,0
araquídico	C20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	76,1
gadoleico	C20:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	24,5
behenico	C22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	80,0
erúcico	C22:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	33,5

PF: ponto de fusão. Fonte: MORETTO e FETT, 1998.

Tabela 4. Composição típica de ácidos graxos de alguns óleos vegetais.

ácido graxo	soja	palma	canola	girassol	algodão	amendoim	milho	oliva	coco	mamona
caprílico	-	-	-	-	-	0,1	-	-	7,1	
capríco	-	-	0,6	0,2	-	-	3,9	7,3	-	
láurico	0,1	-	-	-	0,5	0,7	-	-	54,1	
mirístico	0,3	2,5	0,1	-	0,9	0,4	-	-	17,4	
palmitico	10,9	40,8	5,1	6,5	20	13,7	11,2	11,0	6,1	1,2
esteárico	3,2	3,6	2,1	4,5	3	2,3	1,8	2,2	1,6	1,8
oleico	24,0	45,2	57,9	21,0	25,9	-	25,4	77	5,1	3,5
ricinoleico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89,0
linoleico	54,5	7,9	24,7	68,0	48,8	47,8	60,3	8,9	1,3	4,5
linolenico	6,8	-	7,9	-	0,3	29,2	1,1	0,6	-	-
araquídico	0,1	-	0,2	-	-	1,3	0,0	-	-	-
gadoleico	-	-	1,0	-	-	1,2	-	0,3	-	-
behenico	0,1	-	0,2	-	-	3,0	-	-	-	-
erúcico	-	-	0,2	-	-	0,1	-	-	-	-
saturada	14,7	46,9	8,3	11,0	25,0	21,7	13,2	13,2	93,6	3,0
insaturada	85,3	53,1	91,7	89,0	75,0	78,3	86,8	86,8	6,4	97,0

Fonte: MORETTO e FETT, 1998.

As condições necessárias da reação de transesterificação também estão ligadas a essas características dos triglicerídeos. Por exemplo,

a conversão de sebo em biodiesel só ocorre com o aquecimento da mistura reacional, uma vez que em temperatura ambiente esta matéria-prima é sólida. Óleos e gorduras saturados (babaçu, coco, palma, sebo, etc) necessitam, assim, de processamento com aquecimento, ao passo que óleos insaturados podem ser processados com relativa facilidade mesmo em temperatura ambiente. Esse tipo de informação tem que ser considerado no planejamento do pequeno produtor de biodiesel, uma vez que, enquanto em grande escala as fontes térmicas são usualmente oriundas de caldeiras, em pequena escala elas são essencialmente viáveis tecnicamente por eletricidade, o que eleva os custos operacionais.

Tipo de álcool usado na transesterificação

Embora a transesterificação de óleos e gorduras possa ser feita com álcoois de vários pesos moleculares, na prática apenas o metanol (CH_3OH) e o etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) são usados industrialmente. Dentre as principais razões, encontram-se a maior disponibilidade no mercado e a elevada polaridade, que facilita a separação de fases após o período reacional (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT et al., 1998; PARENTE, 2003). Mundialmente, a preferência tem sido pelo metanol, pois é o álcool de maior abundância e pode ser obtido diretamente do processamento do petróleo. Como consequência, a grande maioria dos estudos cinéticos e de otimização da reação de transesterificação encontrados na literatura é baseada no uso desse álcool, bem como toda a tecnologia industrial disponibilizada por empresas que montam unidades produtoras de biodiesel.

Para o Brasil, é interessante o uso do etanol para a produção de biodiesel. Primeiro, porque é uma matéria-prima de origem vegetal, portanto, de caráter renovável; segundo, porque o país é hoje o segundo maior produtor mundial de etanol, tendo toda a tecnologia produtiva amplamente dominada.

Do ponto de vista químico, o uso de etanol na reação de transesterificação tem vantagens e desvantagens, conforme ilustrado no Quadro 1. A maior desvantagem do etanol é o fato de que, devido à grande solubilidade em biodiesel e em glicerol, o seu uso requer cuidadoso controle estequiométrico para garantir que as duas fases

sejam separadas ao fim do processo reacional. Isso implica em cálculo adequado das proporções estequiométricas para minimizar a solubilidade de fases e minimizar o gasto deste reagente, conforme estabelecido na Tabela 2. O etanol em excesso também não pode ser reutilizado no processo, uma vez que não é anidro depois de recuperado por evaporação e condensação (PARENTE, 2003).

Os desafios tecnológicos envolvidos no uso do etanol para a produção em pequena escala são o desenvolvimento de rotas catalíticas que não sejam sensíveis à presença de água, permitindo o uso de etanol hidratado, e métodos de garantir a separação de fases glicerina e biodiesel, e naturalmente tendem a se tornar miscíveis na presença do etanol.

Quadro 1. Vantagens e desvantagens do uso de etanol para a produção de biodiesel.

Vantagens	Desvantagens
Produção de etanol no Brasil já é consolidada.	Os ésteres etílicos possuem maior afinidade à glicerina, dificultando a separação.
Produz biodiesel com um maior índice de cetano e maior lubrificidade, se comparado ao biodiesel metílico.	O etanol deve ser anidro, para evitar a formação de sabões durante a reação de transesterificação e perda da atividade do catalisador alcalino.
Se for feito a partir da biomassa (como é o caso de quase toda a totalidade da produção brasileira), produz um combustível realmente renovável.	O etanol forma azeótropo quando misturado em água. Com isso, o excesso reacional não pode ser retornado ao processo antes de prévia desidratação.
Não é tão tóxico como o metanol.	Os equipamentos de processo da planta com rota etílica são maiores, pois o volume de etanol estequiométrico é maior que o volume de metanol.
Menor risco de incêndios.	Por causa dos impostos, hoje o preço do etanol anidro é maior que o do metanol. Assim, os custos de produção de biodiesel etílico são maiores que o metílico.

Separação de fases glicerina e biodiesel

Um aspecto químico importante na reação de transesterificação é o grau de conversão de triglicerídeos em biodiesel. Tanto em laboratório como na indústria, um modo de verificar essa conversão é pela observação de duas fases líquidas ao fim do período reacional. A fase superior, apolar, é rica em monoésteres etílicos ou metílicos (biodiesel), enquanto a fase inferior, polar, é rica em glicerol e impurezas e no catalisador alcalino. O problema é que, em muitos casos, não é possível observar a separação de fases, pois o glicerol e o biodiesel encontram-se miscíveis em apenas uma única fase. As causas principais podem ser:

- Presença de substâncias emulsificantes na matéria-prima graxa, como mono e diglicerídeos, fosfatídeos e ácidos graxos livres, razão pela qual o refino parcial ou total do óleo ou gordura é recomendado.
- Excesso de álcool além do recomendado estequiometricamente (6:1 base molar). O álcool em excesso é distribuído entre as duas fases resultantes: no caso de metanol, preferencialmente na fase glicerol; no caso de etanol, dividido praticamente em partes iguais na fase biodiesel e na fase glicerol. O uso de excesso molar de etanol acima do recomendado pode levar à formação de fase única, impedindo a separação e, conseqüentemente, a recuperação do biodiesel.
- Conversão parcial de triglicerídeos em biodiesel. Embora a transesterificação seja usualmente descrita conforme a Figura 1, na realidade, o processo é muito mais complexo. A reação de transesterificação ocorre segundo uma seqüência de 3 reações reversíveis, conforme esquematizado na Figura 3 (NOUREDDINI e ZHU, 1997; DARNOKO e CHERYAN, 2000).

Cada uma das reações *i*, *ii* e *iii* na Figura 3 produz uma molécula de biodiesel, mas apenas a reação *iii* produz glicerol; as reações *i* e *ii* produzem mono e diglicerídeos, respectivamente. Isso significa que, se a reação global for interrompida antes da reação *iii*, haverá biodiesel no meio reacional, porém não necessariamente haverá glicerol. A presença de mono e diglicerídeos, que atuam como emulsificantes, bem como o pouco glicerol formado, impede a separação de fases efetiva no meio reacional. Essa separação

permite que todo o catalisador alcalino (alcóxidos ou hidróxidos de sódio ou potássio) seja deslocado da fase biodiesel e migre para a fase glicerina, mais polar. Isso é muito importante, pois, durante a lavagem do biodiesel, a presença de sódio ou potássio, junto com resíduos de ácidos graxos e glicerídeos não convertidos, pode levar à formação de sabões e emulsificar a mistura água-biodiesel, causando grande perda no produto.

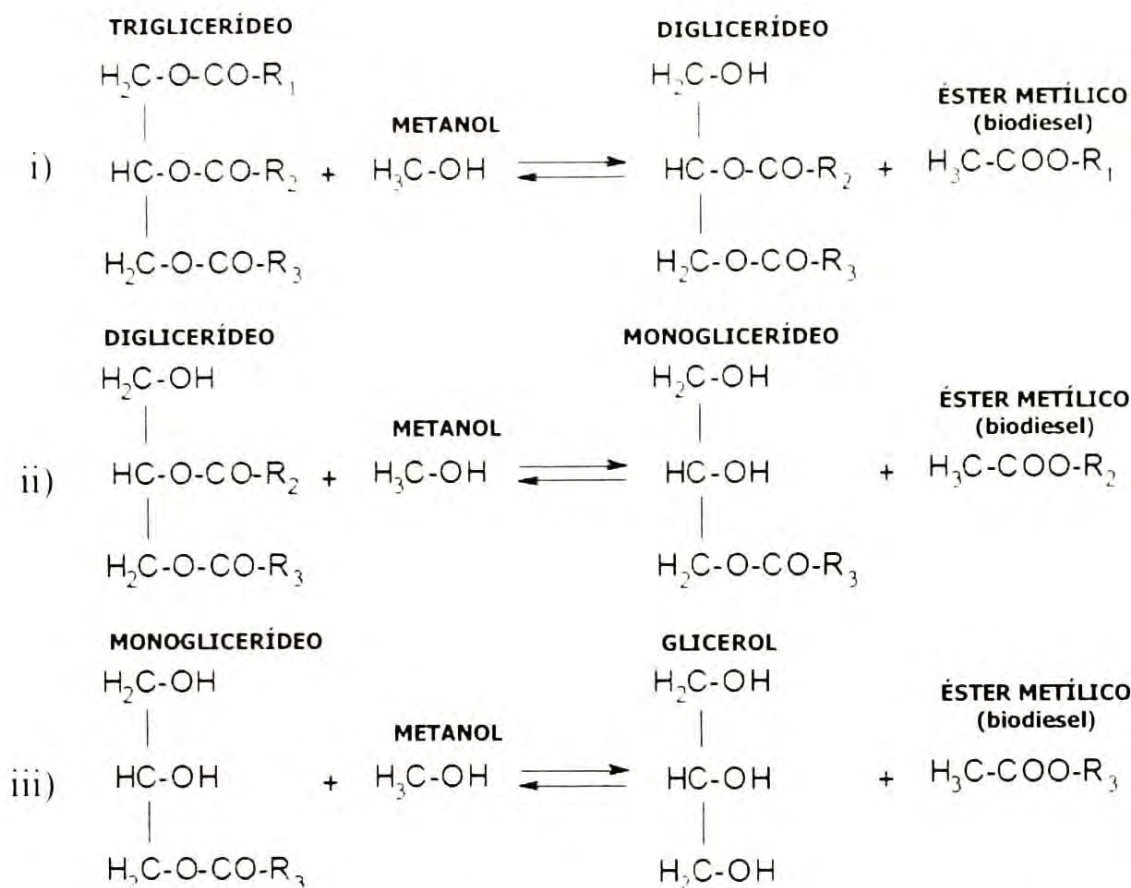


Fig. 3. Esquema de seqüência de reações consecutivas reversíveis na transesterificação de triglicerídeos.

Estudos cinéticos (NOUREDDINI e ZHU, 1997; DARNOKO e CHERYAN, 2000) têm mostrado que a reação *iii* é a mais lenta no processo de transesterificação, ou seja, rapidamente há a decomposição dos triglicerídeos, mas demora-se um certo tempo para o aparecimento do glicerol no meio reacional. Esse fato pode ser comprovado facilmente em laboratório: poucos segundos após adição de reagentes e catalisadores, observa-se uma alteração de viscosidade e de coloração no meio reacional; porém o aparecimento

de glicerol só é verificado pelo aumento da turbidez da mistura, que em geral ocorre após 10 minutos.

Em uma produção de biodiesel em pequena escala, a não-separação de fases após o período reacional é sempre problemática. A tentativa de forçar a separação das fases pela adição de água acidificada ou glicerol P.A. nem sempre é eficaz, pois caso a conversão dos produtos não tenha sido elevada, haverá mono e diglicerídeos no meio reacional e, portanto, agentes emulsificantes que prejudicarão a etapa de lavagem do biodiesel. Além disso, a adição de água interrompe irreversivelmente o processo catalítico alcalino.

Uma alternativa à adição de água acidificada é a pré-evaporação da mistura reacional, na tentativa de remover o excesso de etanol e, com isso, diminuir a miscibilidade entre biodiesel e glicerina, forçando a separação de fases. No entanto, uma vez que todas as reações são reversíveis, a eliminação de álcool pode causar o deslocamento das reações no sentido inverso, diminuindo ainda mais o rendimento em biodiesel e a quantidade de glicerol formado.

Os desafios que se encontram aqui para o pequeno produtor são como verificar o grau de avanço da reação e como garantir a formação do glicerol, para que haja a separação espontânea de fases. O melhor procedimento até o presente momento é o rigoroso controle de qualidade das matérias-primas graxas e alcoólicas, bem como pré-testes em laboratório para simular o desempenho em maior escala.

Lavagem do biodiesel

O processo de lavagem do biodiesel tem como finalidade remover todo o catalisador, glicerídeos não convertidos, excesso de álcool e impurezas diversas. O procedimento de lavagem é normalmente executado pela adição de água levemente acidificada (com ácidos fracos como acético e cítrico ou mesmo com ácidos fortes, como nítrico, clorídrico, sulfúrico ou fosfórico). A grande dificuldade nesta etapa está em promover o contato entre a água e o biodiesel sem que haja a formação de emulsões, que, além de serem difíceis de separar, causam perda de produto. O volume de água utilizado também deve ser minimizado, e aqui se encontra outro desafio para a produção em

pequena escala: em geral, em laboratório, são gastos até 2 litros de água para cada litro de biodiesel, de modo que as impurezas possam ser removidas e os padrões de qualidade da ANP atendidos. Em uma unidade industrial, a água passa a ser um insumo, que, quando não recuperado no processo por tratamento, deve ser adequadamente descartado. Os custos de captação da água e de descarte ou tratamento devem ser contabilizados, encarecendo ainda mais o processo caso este não seja adequadamente dimensionado.

Produção de biodiesel a partir de óleos alimentícios usados

Uma matéria-prima de grande interesse para a produção de biodiesel são os óleos alimentícios usados, provenientes de fritura e cozimento em estabelecimentos comerciais e nas residências em geral. Esses óleos, depois de utilizados, são descartados na maioria de vezes diretamente na pia, indo para as estações de tratamento de esgoto ou, muito freqüentemente, aos rios e outros corpos d'água. O dano ambiental causado pelo descarte inadequado de óleos é muito grande, começando pela carga orgânica elevada e dificuldade de remoção e tratamento. No entanto, o óleo de fritura usado pode ser convertido em biodiesel através da mesma reação de transesterificação utilizada com óleos brutos ou refinados (ALCÂNTARA et al., 2000; ENCINAR et al., 2005). Os maiores interessados pela produção em pequena escala de biodiesel de óleo usado de fritura não são os pequenos agricultores, mas sim proprietários de indústrias ou comércio que gerem esse resíduo em seus restaurantes. O biodiesel produzido poderia ser utilizado para o uso em motores estacionários na geração de energia elétrica. Prefeituras também podem encontrar nessa fonte de matéria-prima uma alternativa não somente para diminuir os custos de operação de estações de tratamento de esgoto, mas também para movimentar a frota de veículos a diesel.

Os desafios do uso de óleo de fritura usado para a produção de biodiesel são a caracterização da matéria-prima, cuja qualidade pode variar conforme a fonte, e o dimensionamento adequado das etapas de transformação, principalmente devido à dificuldade de separação de fases biodiesel e glicerina.

Aproveitamento do glicerol resultante do processo

Um aspecto muito pouco explorado na produção em pequena escala de biodiesel é o destino dos subprodutos da reação. A fase inferior decantada após o período reacional não contém apenas glicerol (cerca de 10% em massa do óleo), mas também parte do álcool em excesso, impurezas diversas, glicerídeos não-convertidos e sabões. Desta forma, o aproveitamento econômico do glicerol requer purificação, normalmente uma destilação ou tratamento químico por acidificação seguida de filtração. Em pequena escala, ambos processos de purificação não são viáveis economicamente.

A falta de alternativas para o tratamento ou disposição do subproduto da transesterificação pode induzir o pequeno produtor a cometer um sério erro: o uso do resíduo para queima em caldeira. Uma vez que glicerol e o álcool em excesso têm alto poder calorífico, sua queima é um atrativo para suprir as necessidades térmicas do próprio processo produtivo (aquecimento da mistura reacional, aquecimento da água de lavagem e eliminação de umidade residual do biodiesel após a lavagem). O principal problema dessa queima é ambiental: a combustão da glicerina pode levar à formação de acroleína, um componente gasoso irritante, altamente tóxico e cancerígeno. Outros compostos orgânicos voláteis, como aldeídos e cetonas, também podem ser eliminados na atmosfera, atuando como precursores de poluentes ainda mais danosos para o homem e para as plantas, como o ozônio de baixa altitude, que é um forte agente oxidante. Além disso, a queima em caldeira é um modo de eliminar um subproduto que de outro modo ocuparia espaço e exigiria armazenamento adequado. Considerando que o volume de resíduo de glicerol produzido em pequena escala é multiplicado pelo número de operações diárias e pelo número de pequenas unidades produtoras em operação, é possível constatar que um grande problema ambiental poderá surgir caso uma alternativa à queima em caldeira não seja desenvolvida.

O desafio tecnológico aqui é o desenvolvimento de rota de tratamento ou reuso do subproduto glicerólico formado na reação de biodiesel que seja mais atrativo ao pequeno produtor do que a queima não

controlada em caldeira. O estudo de condições de queima (temperatura, pressão, tempo de residência, etc) que impeçam a formação ou a liberação de componentes tóxicos para a atmosfera também é outra possibilidade, de modo a viabilizar o reaproveitamento térmico do glicerol.

Conclusões

O uso de matérias-primas renováveis para a produção de combustíveis do ciclo diesel tem se tornado uma realidade no cenário mundial, embora esta idéia tenha nascido junto ao próprio inventor do motor a diesel, Rudolf Diesel, no fim do século XIX. A previsão de escassez de combustíveis fósseis para as próximas décadas, aliada à necessidade de diminuição da emissão, sem compensação, de gases do efeito estufa na atmosfera, impulsionou o desenvolvimento nos últimos anos da tecnologia produtiva de combustíveis de fontes renováveis, como é o caso do biodiesel.

Dada a grande fatia ocupada pelo diesel do petróleo na matriz energética brasileira e mundial, iniciou-se a busca por fontes de matérias-primas que pudessem atender a demanda. Nesse aspecto, o Brasil encontra-se em posição privilegiada, não apenas por ser grande produtor de oleaginosas e de álcool, matérias-primas para o processo de produção de biodiesel, mas também por possuir grande extensão de solo agriculturável e boa diversidade de fontes de oleaginosas espalhadas pelas diferentes regiões do país.

A aparente simplicidade do processo reativo, aliada à possibilidade de exploração de diferentes matérias-primas oleaginosas, tem incentivado a produção de biodiesel em pequena escala, para uso desse combustível pelo próprio produtor. A grande disponibilidade de equipamentos no mercado para realizar a transesterificação em pequena escala, a preços acessíveis, também tem sido estímulo ao pequeno produtor.

A grande variação de propriedades das diferentes matérias-primas oleaginosas disponíveis traz, contudo, desafios à produção de biodiesel, principalmente em relação à viabilidade técnica do processo reacional. Vários aspectos químicos e operacionais devem ser

cuidadosamente analisados antes de tornar uma unidade produtiva viável. A necessidade de refino do óleo ou gordura, a composição química de seus ácidos graxos, o tipo de álcool usado na transesterificação, a separação de fases após a etapa reacional, a lavagem do biodiesel e o reaproveitamento econômico do glicerol formado são todos fatores que devem ser levados em consideração no desenvolvimento de tecnologia acessível ao pequeno produtor. Aparentemente simples, a reação de transesterificação é, na realidade complexa e, uma vez mal conduzida no reator, são pequenas as chances de acerto no produto, para que o biodiesel atenda aos padrões de qualidade esperados.

A formação de mão-de-obra qualificada para atuar no processo de transesterificação também é outro fator que contribuirá para a disseminação bem sucedida de tecnologia para produzir biodiesel em pequena escala.

Referências

- ALCÂNTARA, R.; AMORES, J.; CANOIRA, L.; FIDALGO, E.; FIDALGO, M. J.; FRANCO, M. J.; NAVARRO, A. Catalytic production of biodiesel from soy-bean oil, used frying oil and tallow. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 18, p. 515-527, 2000.
- CRUZ; R. S.; ALMEIDA NETO, J. A.; OLIVEIRA, A. M.; ROCHA, V. A.; SANTOS. V. Produção de biodiesel em escala piloto: Parte 1- Aspectos tecnológicos e controle de qualidade. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., Disponível em:
<http://www.biodiesel.gov.br/rede_arquivos/rede_publicacoes.htm>. Acesso em: 15 jul. 2007.
- DARNOKO, D.; CHERYAN, M. Kinetics of palm oil transesterification in a batch reactor. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 77, n. 12, p. 1263-1267, 2000.
- DUFRECHE, S.; HERNANDEZ, R.; FRENCH, T; SPARKS, D.; ZAPPI, M.; ALLEY, E. Extraction of lipids from municipal wastewater plant

microorganisms for production of biodiesel. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 84, p. 181–187, 2007.

ENCINAR, J. M.; GONZALEZ, J. F.; REINARES, A. R. Biodiesel from used frying oil. Variables affecting the yields and characteristics of the Biodiesel. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, v. 44, p. 5491-5499, 2005.

FOOD fats and oils. Washington, DC: Institute of Shortening and Edible Oils, 2006. Disponível em:
<<http://www.iseo.org/FoodFatsOils2006.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2007).

LANG, X.; DALAI, A. K.; BAKHSHI, N. N.; REANEY, M. J.; HERTZ, P. B. Preparation and characterization of biodiesels from various bio-oils. **Bioresource Technology**, Essex, v. 80, p. 53-62, 2001.

LOBO, I. P.; XAVIER, G. S.; ALMEIDA NETO, J. A.; TEIXEIRA, L. S. G.; PARENTE JÚNIOR, E. S.; OLIVEIRA, A. M.; CRUZ, R. S. Produção de biodiesel a partir do óleo de mamona em planta piloto. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1. Disponível em:
<http://www.biodiesel.gov.br/rede_arquivos/rede_publicacoes.htm>. Acesso em: 15 jul. 2007.

MA, F.; HANNA, M. Biodiesel production: – A review. **Bioresource Technology**, Essex, v. 70, p. 1-15, 1999.

MENEGHETTI, S. M. P.; MENEGHETTI, M. R.; WOLF, C. R.; SILVA, E. C.; LIMA, G. E. S.; COIMBRA, M. A.; SOLETTI, J. I.; CARVALHO, S. H. V. Ethanolysis of Castor and Cottonseed Oil: A Systematic Study Using Classical Catalysts. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 83, n. 9, p. 819-822, 2006.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1998. 150 p.

NOUREDDINI, H.; ZHU, D. Kinetics of transesterification of soybean oil. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 74, n. 11, p. 1457-1463, 1997.

PARENTE, E. J. S. **Uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, Ceará: [S. n.], 30 mar. 2003. Disponível em: <www.tecbio.com.br>. Acesso em: 15 jul. 2007.

PENTEADO, M. C. P. S. **Especificação dos gargalos e estabelecimento de um plano de ação para o sucesso de programa brasileiro de biodiesel**. 2005. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R. M. Transesterification of vegetable oils: A review. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 199-210, 1998.

VICENTE, G.; MARTINEZ, M.; ARACIL, J. Integrated Biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. **Bioresource Technology**, Essex, v. 92, p. 297-305, 2004.

Contribuições tecnológicas da Embrapa para a agricultura tropical: conquistas, futuros desafios e oportunidades

Silvio Crestana

Ricardo Alamino Figueiredo

A tecnologia no passado e no presente

Desde a fabricação de ferramentas de pedra e a descoberta do fogo, aos últimos achados em física quântica na atual sociedade do conhecimento, o homem vem, por meio de sua criatividade, gerando tecnologias que mudam seu entendimento do tempo e do espaço. Isso tem influenciado seu modo de interagir nos grupos e com o meio ambiente em que vive. As condições de seu meio natural, aliadas à sua capacidade de se inovar, se recriar e adaptar-se a realidades distintas, têm permitido sua sobrevivência e evolução há mais de cem mil anos.

A globalização dos dias de hoje é um claro exemplo de processo induzido e acelerado pela tecnologia. A evolução tecnológica provocou mudanças de curso na rotina do homem, que se estenderam sobre seu pensamento e modo de realizar suas atividades. Extrapolando o início do processo de interação mundial para tempos mais remotos, podemos observar a tecnologia das caravelas, por exemplo, como uma possibilidade disponibilizada aos colonizadores do Velho Mundo para abrirem suas mentes para a esfera global, viabilizando o acesso a novas terras, fontes de recursos, de mercado e de contato com diferentes povos de além-mar. De lá para cá, considerando a revolução industrial e a revolução da informação e do conhecimento - com sua rede mundial de comunicação e da evolução das ferramentas de gestão -, observa-se uma corrida de transformações econômicas e sócio culturais cada vez mais veloz.

Neste contexto temporal e de comportamentos, a agricultura acompanha a saga do homem sobre a Terra há cerca de dez mil anos. No Brasil, esta importante atividade humana também tem sua trajetória de lutas, sofrimentos e conquistas. Assim, quando se passa um rápido olhar sobre a história recente da silenciosa revolução que ocorreu na agricultura brasileira, dois importantes pontos podem ser colocados à reflexão: I) O quanto se é capaz de realizar, quando existe um ambiente e um conjunto de atores e forças orientados em torno de uma agenda comum e; II) O quanto a atenção analítica sobre as imperfeições do passado auxilia na equação de novas soluções para o futuro.

A construção do conhecimento em agricultura tropical no Brasil e seus impactos

Não obstante toda a extensão territorial brasileira, biodiversidade, disponibilidade de água e sol, o país desde o seu descobrimento não se destacava em atividades além do extrativismo (pau-brasil, borracha, ouro e pedras preciosas) e de algumas monoculturas (cana-de-açúcar e café) viabilizadas em grande parte devido à mão-de-obra escrava. Assim, todo o particular potencial agrícola da nação foi por muito tempo subestimado ou desvalorizado pela sociedade.

Saltando para um passado pouco distante, a agricultura no Brasil antes de 1970 atravessava inúmeras e sérias dificuldades, como baixa produção agrícola e de poucos itens, baixa produtividade, quebras de safra, crises de abastecimento e alimentos caros, inflação e pobreza, políticas agrícolas inadequadas, ausência institucional (educação agrícola, pesquisa, mercado, mídia, governamental, etc.), falta de conhecimento específico sobre a agricultura tropical, além da baixa auto-estima do homem do campo, entre outras. Entendeu-se então, na época, que havia como grande desafio o dever de mudar de uma agricultura até então aplicada aos trópicos, para uma agricultura tropical.

Diante de tal cenário, iniciou-se um intenso trabalho de desenvolvimento de políticas públicas, construção das instituições e do conhecimento em agricultura tropical. No âmbito das políticas públicas, foram contemplados o crédito agrícola nos aspectos terra e tecnologia (sementes, insumos, maquinários, equipamentos, irrigação), o mercado agrícola, incluindo preços mínimos e estoques reguladores,

seguro de riscos, educação, pesquisa e extensão para o setor agrícola, bem como infra-estrutura para armazenamento e escoamento da produção. Em conjunto, trabalhou-se a construção das instituições como a rede de graduação em ciências agrárias, a rede de pesquisa agropecuária (Embrapa e Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária - SNPA, englobando as Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária), organização de cadeias de produção agrícola, modernização da agroindústria tropical, novos modelos de mercado (*tradings*, mercado futuro de *commodities* etc.).

Na área das instituições, ressalta-se a criação da Embrapa, em 1973, que teve como importante marco inicial, um intensivo programa de treinamento de pesquisadores nas melhores universidades do mundo. Isso permitiu uma evolução de seu quadro de doutores de cerca de apenas 15 em 1974, para mais de 1.500 em 2007 (Fig. 1).

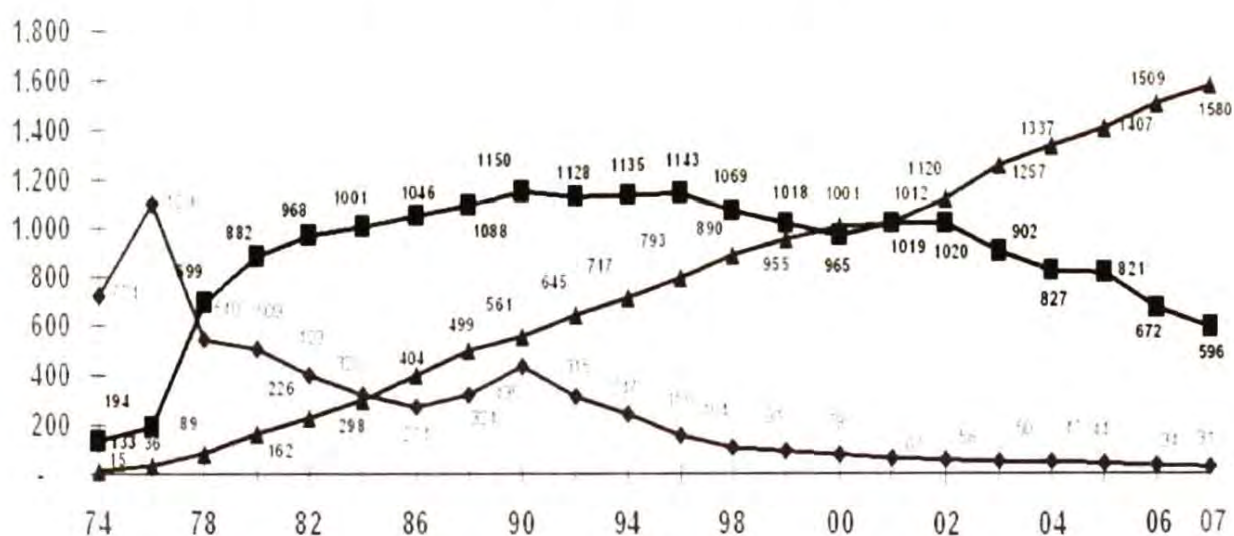


Fig. 1. Evolução da qualificação dos pesquisadores da Embrapa, de 1974 a 2007 (PRATA, 2007). Legenda: ■ (mestrado), ▲ (doutorado), ◆ (graduação).

A fórmula desta iniciativa, alicerçada em ciência e tecnologia (C&T), foi construída com a integração da Embrapa no SNPA, o que permitiu trabalhar nas diferentes instituições envolvidas, os modelos de pesquisa básica, adaptativa e tecnológica, e aplicada. Hoje, a rede Embrapa de pesquisa, desenvolvimento, inovação (PD&I) e transferência de tecnologias (TT) conta com 8.632 colaboradores, sendo 2.294 pesquisadores, 1.548 analistas, 4.790 assistentes e um

orçamento que atingiu cerca de R\$ 1,17 bilhão em 2007, para coordenar os trabalhos de uma estrutura que se estende de norte a sul do país, além de representações no exterior (Fig. 2).

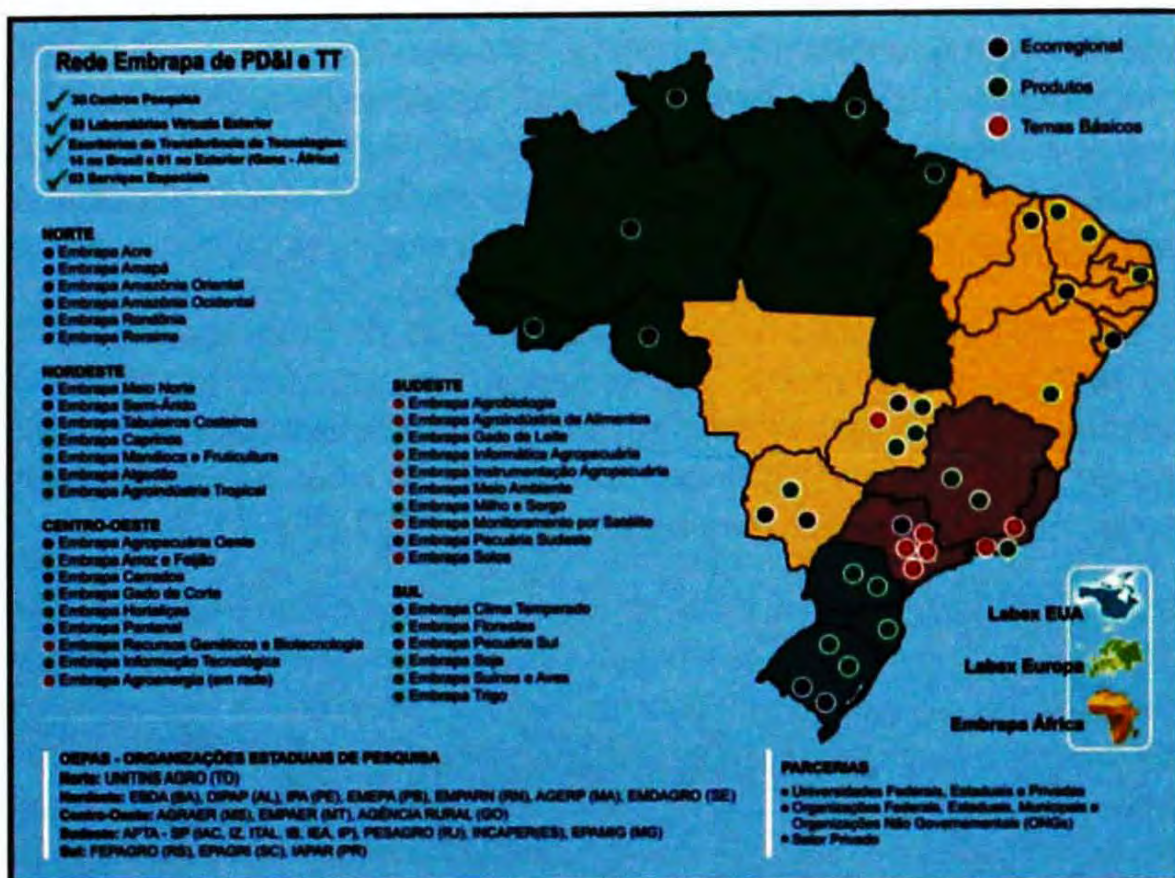


Fig. 2. Rede Embrapa de PD&I e Transferência de Tecnologias.

Estes esforços possibilitaram a grande conquista do conhecimento da agricultura tropical no Brasil que, associado a políticas públicas adequadas, ao trabalho do agricultor e à participação do setor privado, permitiu reduzir expressivamente o período necessário para melhoramentos e adaptações genéticas, bem como o ciclo de inovações no cultivo. Os profissionais da Embrapa, treinados fora do país, traziam em sua bagagem intelectual consistente conhecimento e habilidades, porém sobre a agricultura de clima temperado. Por isso, este saber precisou ser adaptado e reinventado para dar origem a um novo conhecimento. Este último é que permitiu a soma de uma nova safra ao mundo, a safra tropical, além da safra temperada que já existia. Foi tal conhecimento que possibilitou, no país, a viabilização do cultivo de plantas e a criação animais tropicais, soja, frutas tropicais e temperadas adaptadas, gado zebuino, cana-de-açúcar e etanol, fibras

e madeira (algodão e *eucalyptus*), gramíneas tropicais (ex.: *brachiaria*), implementação do sistema de plantio direto, fixação de nitrogênio, controle biológico, e viabilizou a exploração da agricultura no cerrado, entre tantas outras.

Tais avanços, produzidos no primeiro ciclo da agricultura brasileira, particularmente a partir da década de 1970, alavancaram a primeira "Revolução Tropical". Esse fenômeno se deu após a "Revolução Agrícola" iniciada nos países desenvolvidos e desencadeou uma enorme expansão da produção e da produtividade na agricultura em alguns países menos desenvolvidos, principalmente naqueles com boa distribuição de chuvas, solos adequados e condições que permitiram implementar conhecimento em seus processos de produção agrícola (ex.: Brasil, Índia e China) (Fig. 3 e 4).

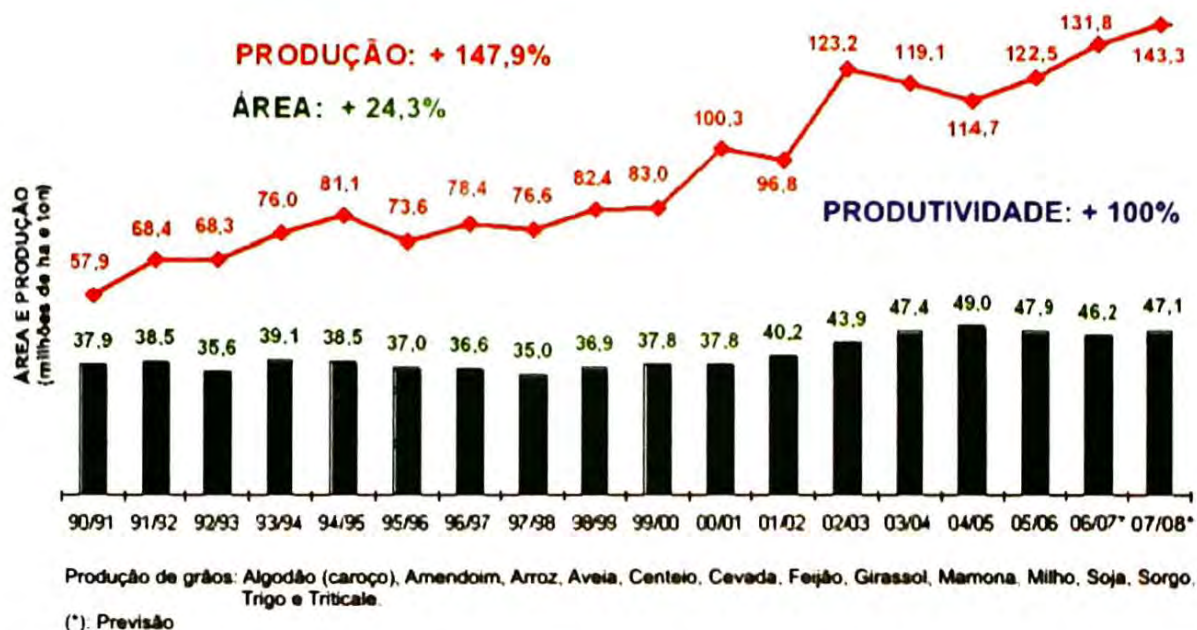


Fig. 3. Evolução da produção, produtividade e área de cultivo de grãos no Brasil entre as safras de 1990/91 e 2007/08* (CONAB, 2008).

Na esteira deste desenvolvimento, o Brasil alcançou, além da segurança alimentar, uma dinâmica de exportação de excedentes de produção (Fig. 5), que consolidou o conceito de "âncora verde" na economia do país. Isto porque o agronegócio representou para o Brasil em 2007 aproximadamente 26% do PIB, 37% dos empregos, 36% das exportações e produziu um saldo comercial em torno de US\$ 50 bilhões.

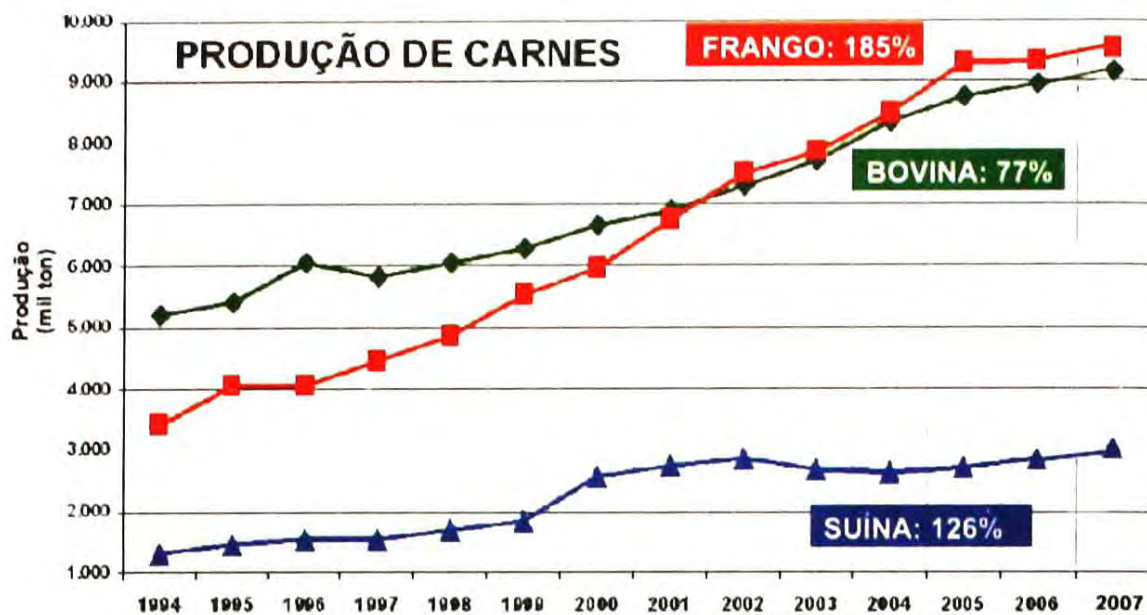


Fig. 4. Evolução da produção de carnes no Brasil, de 1994 a 2007.

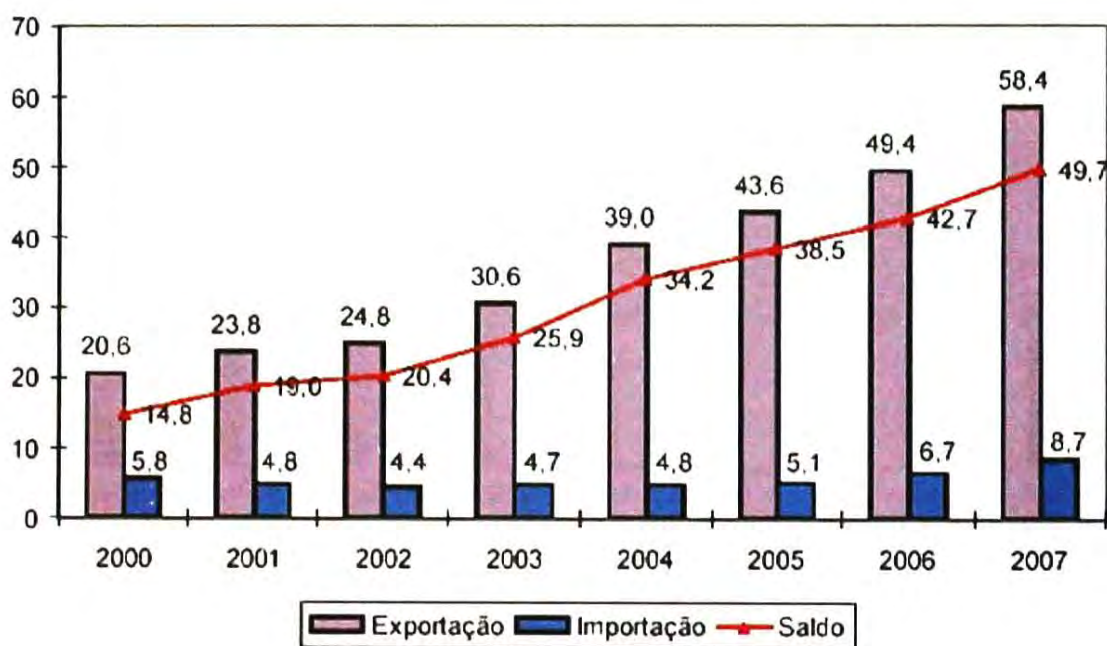


Fig. 5. Balança comercial do agronegócio em U\$ bilhões, de 2000 a 2007.

Fonte: Agrostat Brasil baseado em dados SECEX/MDIC. Elaboração: CGOE/DPI/SRI/MAPA.

O produtor rural brasileiro recuperou sua auto-estima, deixando de ser considerado um "Jeca-Tatu", personagem de Monteiro Lobato que retratava liricamente a simplicidade do homem do campo, para atuar como verdadeiro *global player* na economia mundial. Além disso, a

recuperação da atividade agrícola, alavancada pela evolução da agricultura tropical, reduziu o custo da cesta básica de alimentos, permitiu a interiorização do desenvolvimento do país e a elevação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) nestas regiões. Em suma, essas conquistas se deram porque, efetivamente, o conhecimento gerado traduziu-se em negócios, produtos e bem-estar social ao homem do campo e da cidade (Fig. 6).

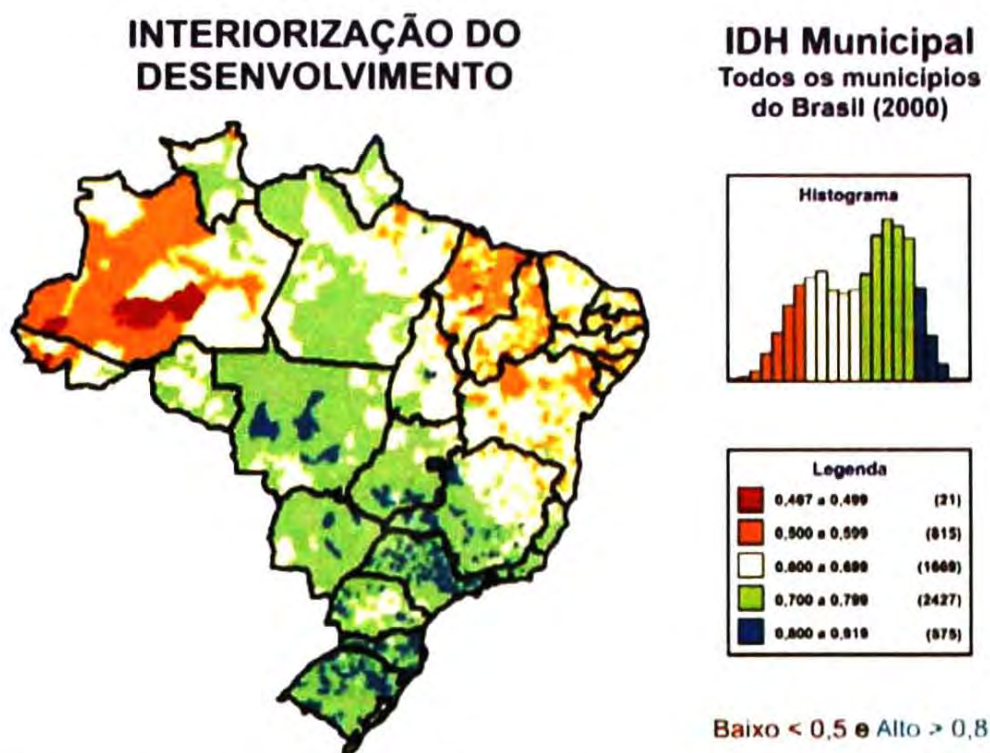


Fig. 6. Interiorização do desenvolvimento e Índice de Desenvolvimento Humano (CAMPOS, 2003).

Revitalização das instituições brasileiras de C&T para um novo ciclo da agricultura

É, portanto, incontestável o desenvolvimento socioeconômico trazido por esta primeira revolução agrícola, obtido por meio do aumento da produção e produtividade, com redução de custos. Porém, apesar disso, muitas questões sociais e ambientais ainda reclamam, de modo urgente, por soluções. Dentre essas questões, podem ser citadas como exemplos questões sociais como a dificuldade de incorporação das tecnologias e do modelo de gestão pela agricultura de menor escala, êxodo rural, o uso intensivo de insumos derivados de petróleo,

contaminação do meio ambiente, riscos à biodiversidade, uso exaustivo de recursos naturais como solos, água e florestas, dentre outros. Assim, a evolução no modo de encarar essas questões em uma sociedade que hoje analisa suas dimensões locais, regionais e globais, acabou por descortinar um novo momento na agricultura.

Deste modo, ao lado das crescentes demandas por alimentos e fibras, decorrentes da expansão do mercado interno e externo (ex.: crescimento de países emergentes como China, Índia, Rússia, Coréia do Sul, entre outros) e das expectativas de aumento no consumo mundial de biocombustíveis, se encontram a percepção do limite dos recursos naturais e a necessidade de inclusão social nos processos produtivos agroindustriais.

Assim, as atuais exigências de competitividade no mercado global estão fortemente pontuadas pela padronização de processos e produtos e pela premissa da sustentabilidade. Os sistemas agrícolas, por exemplo, além dos aspectos agronômicos dos processos envolvidos na produção, devem estar integrados entre si e levar em conta a interação social do homem e da interação deste com o ambiente, considerado fonte (insumos), meio (processo) e destino (contaminação) de sua produção. Este novo cenário multifatorial que se desenha na agricultura exige ainda mais esforços, contínuos e planejados. Portanto, no momento em que se vive uma onda de desenvolvimento intitulada "Era do Conhecimento", a C&T aplicada à agricultura se apresenta como um poderoso instrumento para forjar uma economia que contemple e necessariamente incorpore o social e o ambiental. É, assim, fundamental que este conhecimento se transforme, de forma efetiva e eficaz, em benefícios para a sociedade e para o planeta.

O potencial da agricultura brasileira e a limitação da expansão de fronteiras agrícolas viabilizada a partir dos ganhos em produtividade ficam evidentes quando se compara a área ainda disponível para a agricultura no Brasil com a de outros países (Fig. 3 e 7), razão que justifica, como mais do que necessário, uma gestão soberana e de excelência sobre este espaço.

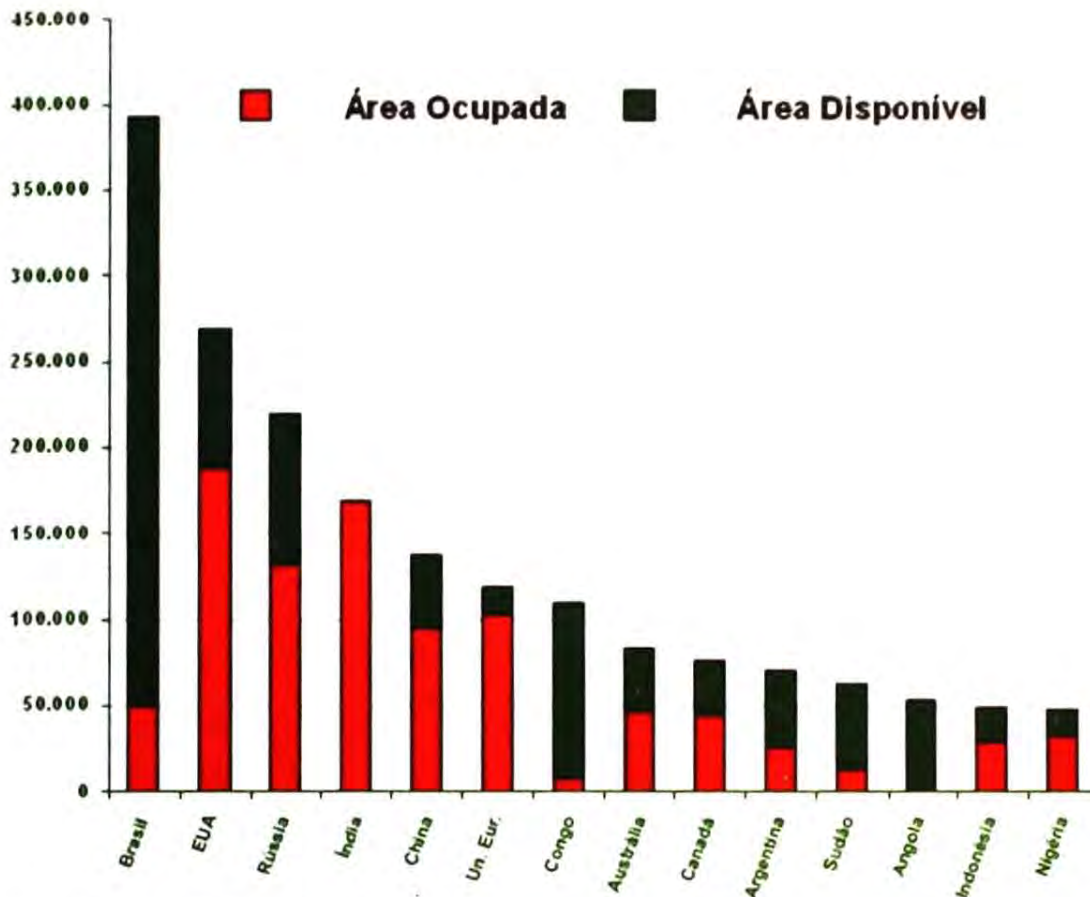


Fig. 7. Disponibilidade de terras para agricultura e produção animal (1000 ha) (FAO, 1994).

A Embrapa, junto ao SNPA e em parcerias com universidades, institutos de pesquisa e setor privado, tem trabalhado sobre um modelo em matriz, para cobrir os biomas brasileiros (amazônia, caatinga, cerrado, pantanal, mata atlântica e pampa) sob três vertentes: 1) ordenamento, monitoramento e gestão do território; 2) manejo, valorização e valoração dos recursos naturais dos biomas e, 3) produção agropecuária e florestal sustentável em áreas alteradas e de uso alternativo.

Portanto, considerando tais aspectos numa agenda de presente e futuro para a agricultura, as soluções em C&T são grandemente ampliadas e mais complexas. Isso inclui como exemplos a agroenergia, mudanças climáticas, sanidade animal e vegetal, alimentos seguros, alimentos funcionais e nutracêuticos, novos serviços e produtos, entre outros. Assim, a associação de tecnologias já existentes entre si, bem como a novas descobertas, na forma de sistemas tecnológicos, pode trazer importantes soluções às

necessidades atuais da sociedade e do ambiente. Dentre estas soluções, destacam-se os sistemas integrados sustentáveis como: produção de biomassa com múltiplas espécies, sistema plantio direto com rotação e consorciação de culturas, uso consorciado de espécies perenes, recuperação de áreas degradadas, cultivo de florestas de espécies nativas, manejo de áreas alagadas, integração da produção de bioenergia e alimentos, controle biológico de pragas e doenças, insumos agrícolas e rotas biológicas como complemento às químicas dependentes de material fóssil (ex.: lodo de esgoto urbano e rural, resíduos da biomassa - bagaço, palha, torta, resíduos agroindustriais, entre outras), etc.

Tomando-se apenas os resultados da integração lavoura-pecuária-floresta, na recuperação de áreas de pastagem degradadas no Cerrado, para cada hectare de pasto recuperado por este sistema, preserva-se 1,8 hectares de floresta nativa. Tais desafios exigem ferramentas que envolvem estreita interdisciplinaridade das ciências, modelagem de sistemas complexos, tecnologias adequadas a diferentes escalas e condicionantes socioeconômico-ambientais da produção, agricultura de precisão, monitoramento territorial por satélite, avanços em áreas de fronteira do conhecimento como biotecnologia e biossegurança, nanotecnologia, revitalização das ações de transferência de tecnologia, entre outras. Exerce ainda um papel relevante, o acompanhamento da produção das instituições de C&T, sejam elas públicas, sejam privadas, avaliando, *ex-ante* e *ex-post*, os impactos econômicos, socioambientais e éticos de suas tecnologias.

A questão da sustentabilidade do padrão de consumo e de produção do homem na esfera global necessita ainda do fortalecimento de fóruns de discussão dos modelos de desenvolvimento desejados para o planeta (ex.: Protocolo de Kyoto, Eco Rio 92, Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas/Organização das Nações Unidas – IPCC/ONU, Conferências Mundiais do Clima...) e do conseqüente compromisso das nações com esta realidade (ex.: substituição gradual da matriz energética fóssil e redução da emissão de gases de efeito estufa, investimentos em pesquisa e

desenvolvimento e inovação (PD&I) de mudanças climáticas, como avaliação de vulnerabilidades nos biomas, ações de mitigação dos efeitos e de adaptação, entre outras). Na esfera nacional, é imprescindível a formulação e a integração de políticas públicas à C&T para fazer frente à complexidade das demandas (ex.: investimentos na produção agrícola atrelados a um claro modelo de desenvolvimento e ao mercado, zoneamento agroeconômico-ecológico, produção de etanol e biodiesel com orientação social e ambiental, viabilização de um ambiente favorável a parcerias público-públicas e público-privadas para C&T, rastreabilidade e certificação).

Desafios e oportunidades para a inovação e para investimentos e gestão em C&T no Brasil

A inovação é a arma para se enfrentar os desafios da competitividade e da sustentabilidade e, para isto, torna-se indispensável uma forte estratégia de investimentos em C&T, com necessidades de incremento nos atuais investimentos públicos e maior participação do setor privado brasileiro. Como exemplo, os Estados Unidos acenavam com investimentos iniciais do setor privado em PD&I de etanol da ordem de U\$ 1,6 bilhão (ETANOL..., 2007), no Brasil eram previstos US\$ 25 milhões para a Embrapa Agroenergia, num período de 5 anos. Países desenvolvidos investem de 2,5 a mais de 3% do PIB Agrícola em pesquisa, contra 0,5 ou 0,8% nos países em desenvolvimento. Mesmo quando comparamos o Brasil com o grupo de quatro países emergentes como a Rússia, a Índia e a China (BRIC), assumimos uma posição de desvantagem quanto a estes investimentos (Fig. 8).

Neste contexto, outra limitação importante para a inovação no país ainda tem sido a baixa participação do investimento privado em PD&I no país, que em 2007 chegou a cerca de 50%, com uma contrapartida equivalente do governo federal e estadual (REZENDE, 2007). Faz-se necessário, portanto, romper o paradigma da concentração de profissionais de C&T nas universidades e centros de pesquisa, com poucas empresas privadas investindo em pesquisa.

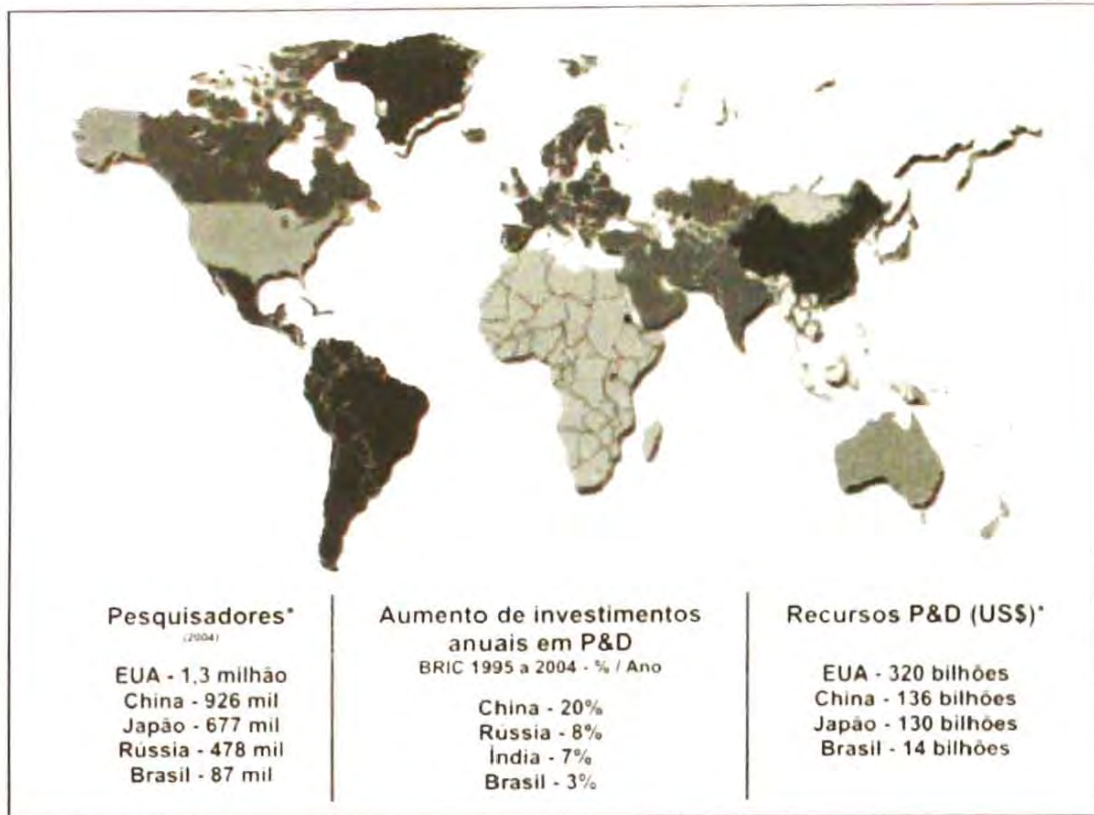


Fig. 8. Investimentos em P&D no mundo (BOLETIM CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-CHINA, 2006.*)

Sabe-se que há uma clara correlação entre conhecimento e riqueza na sociedade global, a exemplo do que ocorre em países desenvolvidos como Estados Unidos, Japão, Alemanha e Canadá, entre outros, ou mesmo em emergentes como Coreia do Sul (Fig. 9) e Taiwan, onde a maior parte dos profissionais ligados à C&T atua no setor privado.

Assim, análises do cenário brasileiro apontam que, apesar de a produção de conhecimento no Brasil - 1,9% das publicações mundiais e 15º no ranking mundial (REZENDE, 2007) estar se aproximando de um alinhamento com outros indicadores socioeconômicos (população: 2,8%, PIB: 1,9% e comércio internacional: 1,3%), o país ainda tem dificuldade em explorar o conhecimento gerado, uma vez que detém apenas 0,2 % dos pedidos de patentes mundiais (FRACO..., 2004).

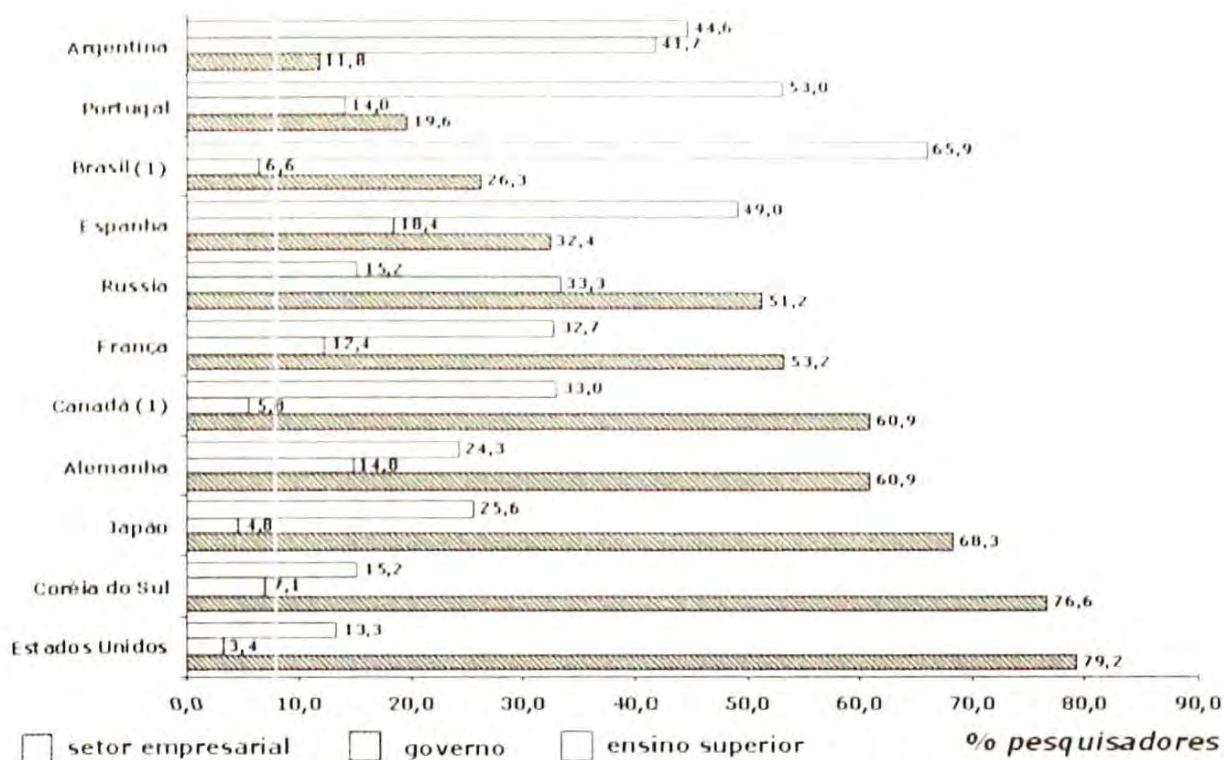


Fig. 9. Profissionais de C&T nas instituições públicas e privadas. (ELIAS, 2008). Dados de 2007, com exceção para Brasil e Canadá, (2004)⁽¹⁾.

O relatório da Organização Mundial de Propriedade Intelectual – OMPI (OMPI, 2007), indicou que o Brasil concedeu 0,29 patentes para residentes a cada US\$ 1 milhão investido em P&D, enquanto a Coreia do Sul, por exemplo, concedeu 5 patentes na mesma relação. Assim, os investimentos coreanos em P&D geraram 17,5 vezes mais patentes do que os brasileiros. Realidade semelhante se verifica no número de patentes concedidas pelo Escritório de Patentes e Marcas nos EUA (USPTO, 2007), ano em que Brasil ocupou as últimas posições (0,06% do total de patentes) em relação a países desenvolvidos (ex: EUA 51%, Japão 19,6%, Alemanha 5,5%), ou mesmo a alguns emergentes asiáticos (ex: Coreia do Sul e Taiwan, ambas ao redor 4%). A Figura 10 ilustra esses dados do USPTO e demonstra que tem havido uma progressiva inserção dos países nos sistemas de patentes nas últimas três décadas, incluindo o Brasil, porém verifica-se também uma maior velocidade de crescimento da maioria de seus competidores.

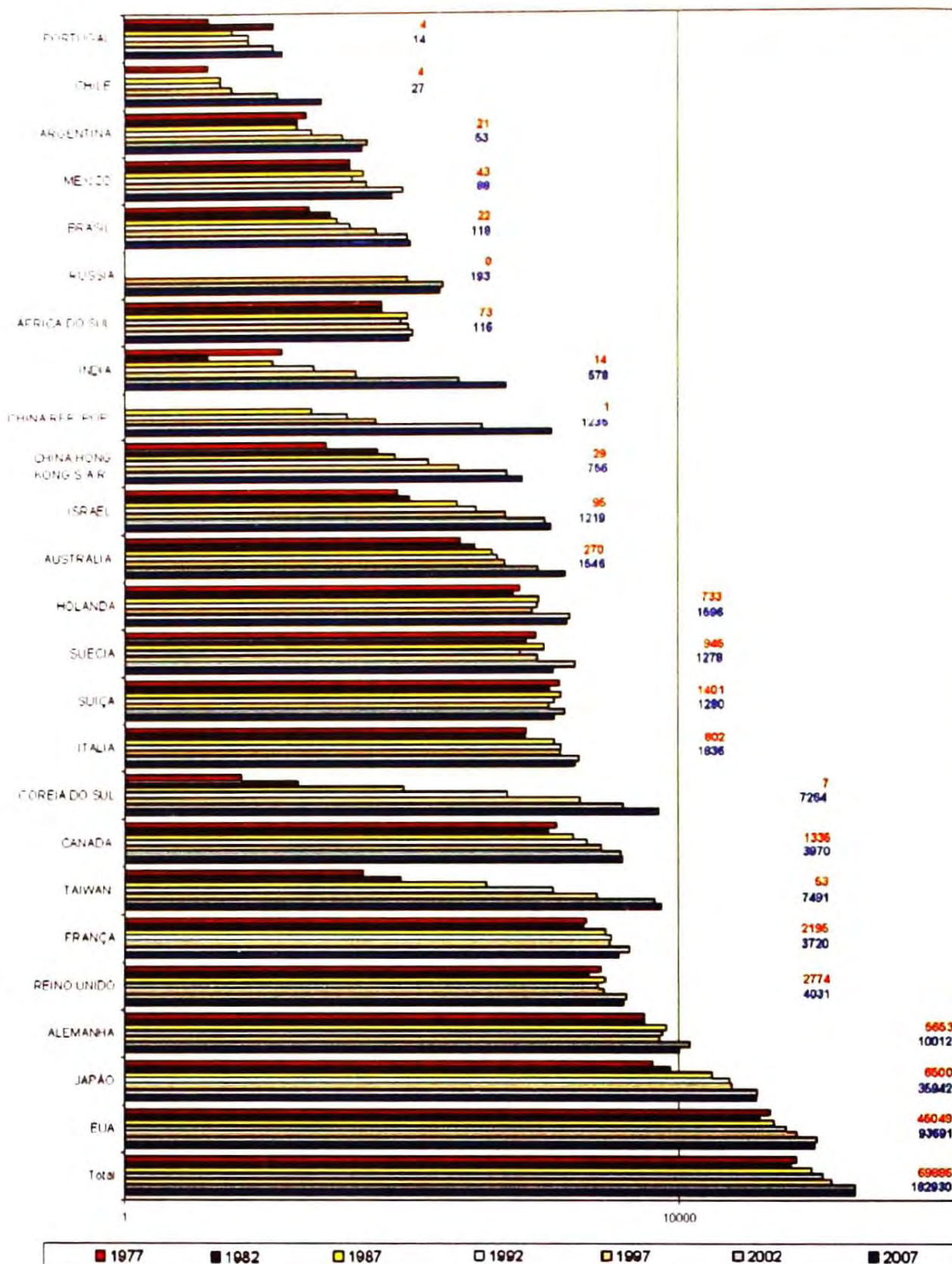


Fig. 10. Patentes concedidas* pelo USPTO (USPTO, 2007) *Gráfico em escala logarítmica. Números em vermelho se referem às patentes concedidas em 1977, e números em azul, às concedidas em 2007, para ilustrar a evolução deste indicador.

Para proporcionar um ambiente mais favorável à inovação, a Embrapa tem trabalhado intensivamente a questão da inovação institucional, ou seja, sobre seu modelo jurídico, de gestão e de negócios, visando tornar-se mais ágil e flexível frente às demandas atuais. Exemplos de sucesso em desenvolvimento tecnológico como os que ocorreram no Brasil nas áreas de petróleo, agronegócio e da aeronáutica podem ser fortalecidos, compartilhados e expandidos para outras áreas, considerando suas particularidades.

Uma das propostas para viabilizar o modelo de investimento privado em P&D no Brasil são as empresas de propósito específico (EPEs), previstas pela Lei de Inovação. Espera-se com estas, alcançar uma situação em que, para cada real de investimento do setor público, haja uma contrapartida de valor equivalente do setor privado. Isso poderia viabilizar a fusão do conhecimento científico e tecnológico das instituições públicas de C&T com o saber negocial, de *marketing*, de distribuição e comercialização de produtos e serviços que as empresas privadas possuem.

As estratégias para transferência de tecnologias para o setor privado são utilizadas pela Embrapa para produzir ações de grande impacto comercial. Assim, são realizadas parcerias com grandes empresas e organizações público-privadas (ex.: *Bunge, Monsanto, Basf, Dow, Pioneer, Brasif, John Deere, Unica, Jircas* - Centro de Pesquisa Internacional do Japão para ciências agrárias, *Petrobrás, Infraero*), bem como com médias e pequenas (junto com a Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura CONTAG, Secretaria da Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário - SAF/MDA e Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social do Ministério da Ciência e Tecnologia - SECIS/MCT, entre outros), inserindo inovação no setor produtivo. São parcerias em biotecnologia de sementes, melhoramento genético animal e vegetal, máquinas, equipamentos e processos agrícolas, sistemas de produção sustentáveis, que são colocados no mercado nacional e, quando estratégicos, tornam-se objeto de negociação internacional.

São ainda fundamentais, além da superação das limitações dos investimentos públicos na pesquisa agropecuária, as questões de gestão, organização e de arranjos institucionais, que permitam

flexibilizar parcerias entre o setor público e público-privado, ajustando para cima tais aportes e possibilitando que se produza mais, melhor e mais rapidamente.

No que se refere à gestão estratégica de C&T, é essencial o entendimento das diferenças regionais, para uma adequada abordagem das diferentes realidades do país. Existem nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, importantes vazios institucionais e tecnológicos que precisam ser preenchidos. Já para as regiões onde se encontram construídas as competências (Sudeste e Sul) são fundamentais a consolidação e o reforço das instituições (federais, estaduais, municipais e organizações não governamentais). Tais ações viabilizariam a atuação em sinergia e cooperação entre as instituições, possibilitando o trabalho em rede. Neste contexto, uma questão de base é a da revitalização da parceria público-pública. Isso passa pela necessidade de revitalização do SNPA, com reestruturação física e adequado treinamento de seu pessoal. Este esforço depende também de investimentos dos estados da federação em suas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (OEPAs). Tal participação mais efetiva dos estados na agenda de C&T pode permitir uma maior agregação de forças e distribuição tarefas entre as instituições do sistema. Buscando tal fortalecimento, em, 2006, foram captados R\$ 11,8 milhões, via Embrapa, em emendas parlamentares para as OEPAs.

Porém, na dinâmica de ampliar as ações de PD&I agrícola, a idéia é fazer que, para cada real investido pelo governo federal, seja investido o equivalente pelo estado ou município. Assim, com a inserção do setor privado através das EPEs, poder-se-ia obter uma base tríplice de investimentos (Governo Federal + Governo Estadual e/ou Municipal + Iniciativa Privada), o que daria sustentabilidade ao SNPA e permitiria impactos mais relevantes da inovação sobre a economia do País.

A Embrapa utiliza, de forma estratégica, as parcerias com organizações públicas para gerar ações de grande impacto social. Assim, são atingidos públicos-alvo como a agricultura familiar, assentados da reforma agrária, comunidades tradicionais como indígenas e quilombolas. São parcerias institucionais com a

Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (CONTAG), Secretaria da Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário (SAF/MDA), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social do Ministério da Ciência e Tecnologia (SECIS/MCT), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Integração Nacional, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA/MS), Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP), Agência Nacional de Águas (ANA), Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Desenvolvimento Regional Sustentado (DRS) do Banco do Brasil, Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A., Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), entre outras. Pode-se, assim, desenvolver diversas ações como Programa de Sementes e Mudanças, Projeto Barraginhas, Programa Balde Cheio, Fossa Asséptica, Agregação de Valor à Produção Agroindustrial Familiar, Tecnologias para Produção de Leite de Qualidade, Caprinos, Ovinos, Suínos, Aves, Piscicultura, Apicultura, Frutas, Hortaliças e Grãos. São usadas para isso diversas ferramentas, dentre elas o Programa de Rádio Prosa Rural, Dias de Campo, Dias de Campo na TV, dentre outras. Na esteira dessas inovações, a proteção intelectual é trabalhada tanto com objetivos comerciais, quanto para finalidades sociais (ex.: proteção de sementes para uso na agricultura de menor escala).

No âmbito da cooperação internacional, o intercâmbio através de laboratórios virtuais (Labex) na Europa (França e Holanda) e nos EUA permite hoje a permanente troca de informações avançadas em P&D entre a Embrapa e centros de excelência do hemisfério norte. Negocia-se a criação de um destes laboratórios também no continente asiático. A cooperação do Brasil, em agricultura, com outros países tropicais passou a ser uma realidade estruturada através de representações internacionais como os escritórios da Embrapa em Gana (África) e na Venezuela (América Latina). Deste modo, esta estratégia de cooperação internacional permite um fluxo de conhecimento entre os eixos Norte-Sul e também no âmbito do eixo Sul-Sul (Fig. 11).

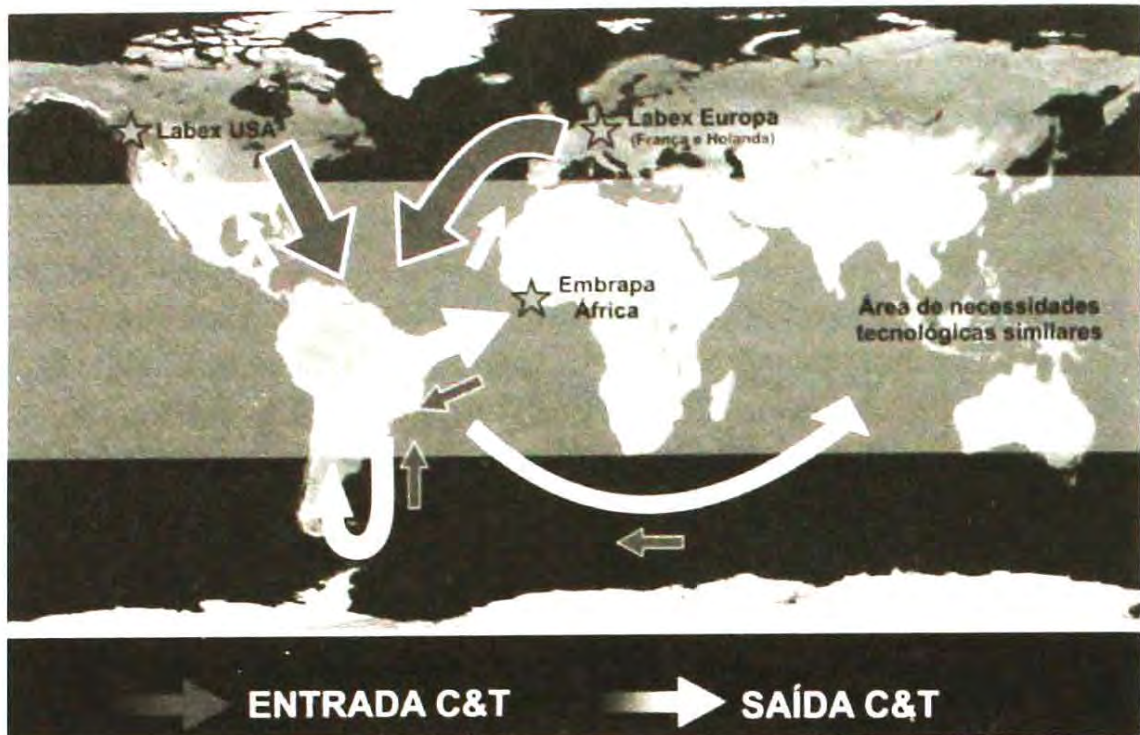


Fig. 11. Arranjos de cooperação internacional da Embrapa.

É importante ressaltar ainda que, apesar das dificuldades e limitações, existe atualmente no Brasil um quadro favorável à expansão na geração de conhecimento e Inovação, com boas oportunidades apresentadas por meio de recentes e importantes marcos regulatórios como a Lei da Inovação; a Lei de Criação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Lei de Biossegurança; “Lei do Bem”; Lei de Regulamentação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e posteriormente, a Lei 11.487, que modificou a “Lei do Bem”, incluindo a isenção fiscal às empresas, nas parcerias com Instituições de C&T (BRASIL, 2007). Verifica-se também, nos últimos anos, o progresso na formação de uma base de doutores (9.600 doutores titulados em 2006, Fig. 12), elevação de recursos provenientes de fundos setoriais, uma importante recuperação de investimentos como as do FNDCT, dos recursos provenientes Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Fig. 13) e de organizações de fomento estaduais, entre outros.

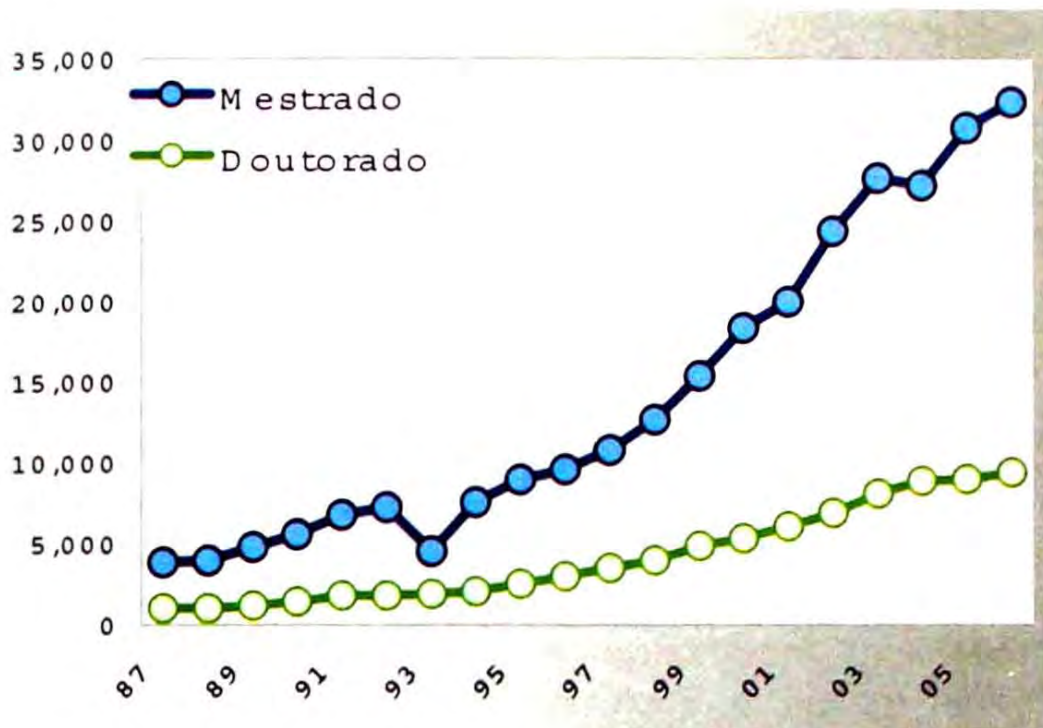


Fig. 12. Mestres e doutores titulados anualmente (REZENDE, 2007).

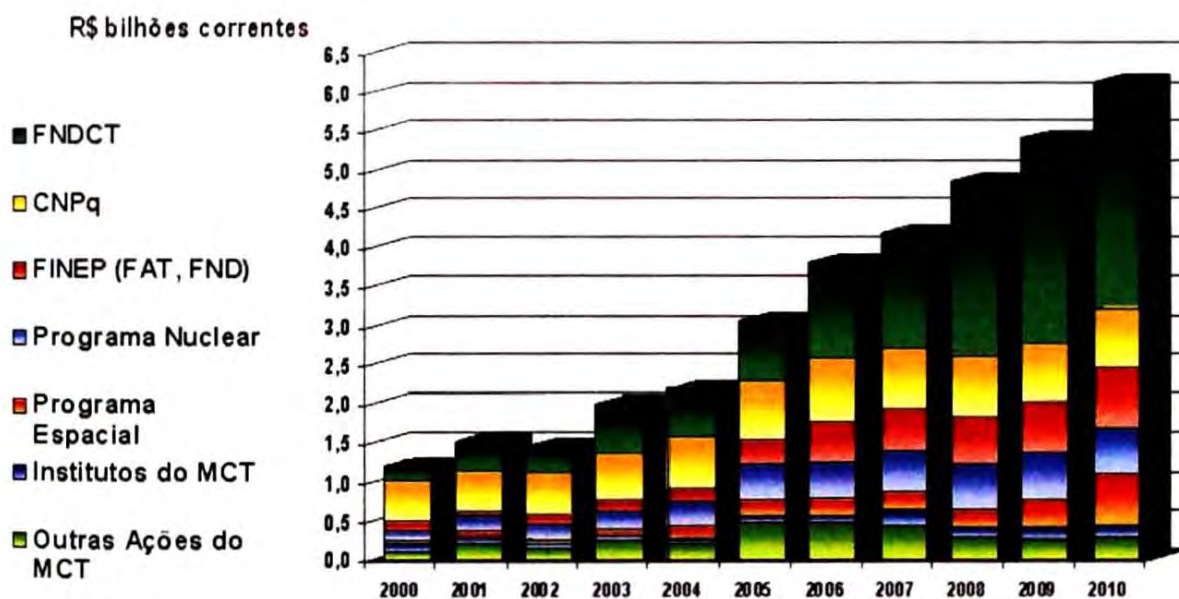


Fig. 13. Orçamento do MCT executado de 2000 a 2006 e projetado para o período de 2007 a 2010 (REZENDE, 2007).

Dentro deste contexto de esforços, estão inseridos os investimentos do Plano de Ação para C&T, que prevê investimentos de R\$ 41 bilhões até 2010. Estão envolvidos nestas ações o MCT, o FNDCT, o Ministério de Minas e Energia/Petrobras/Cepel (MME), da Saúde (MS), da Educação (MEC/Capes), da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (Mapa), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), além de outros fundos de financiamentos. A meta é alcançar em 2010, investimentos de 1,5% do PIB em PD&I (0,64% federal, 0,21% estadual e 0,65% privado) e estão previstas ações focando a inovação tecnológica como principal tema. São eixos centrais deste planejamento: 1) Expansão e Consolidação do Sistema Nacional de C,T& I; 2) Promoção da Inovação Tecnológica nas Empresas; 3) a PD&I em Áreas Estratégicas e, 4) CT&I para o Desenvolvimento Social.

Considerando o relacionamento com o Congresso Nacional, destaca-se o apoio que se abriu a partir da criação, pode-se dizer "histórica", em 2007, da Frente Parlamentar Mista de Apoio à Pesquisa Agropecuária e Transferência de Tecnologia. Todo esse ambiente propicia a criação e implementação de parques tecnológicos, incubadoras de empresas, arranjos produtivos locais, empresas de propósito específico, entre outras possibilidades. A busca pela recuperação do orçamento da Embrapa a partir de 2003 até 2010 também é um indicio de melhores expectativas para a PD&I na agricultura, considerando que este vinha em linha de franco declínio desde 1996 (Fig. 14).

Assim, em abril de 2008, ao completar 35 anos de sua criação, outro momento extremamente favorável foi o anúncio, pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva no Palácio do Planalto, do incremento de investimentos públicos e de revitalização da empresa via Plano de Fortalecimento e Crescimento da Embrapa 2008 – 2010. Neste plano, a diretoria executiva propôs para o referido período: ampliar o quadro de pessoal de 8.632 (2007) para 9.843 empregados (2010), elevar o orçamento de 2007 em cerca de R\$ 300 milhões (estimado em R\$ 1.461.410,00 em 2010), retomar o modelo de empresa pública de direito privado, com estrutura mais ágil e flexível visando reforçar e ampliar a agenda de Inovação (via Lei de Inovação); manter a excelência em P&D, Transferência de Tecnologia, Comunicação e Informação; consolidar a Embrapa Agroenergia; reforçar e ampliar a atuação internacional com a criação do Labex Ásia e Embrapa América Latina; além de fortalecer as ações e imagem da empresa em responsabilidade socioambiental. Vale ressaltar que este plano incluiu ainda investimentos de R\$ 264 milhões (2008 a 2010) nas OEPAs,

com o objetivo de apoiar a recuperação e ampliação de seu capital físico, particularmente instalações e equipamentos de pesquisa.

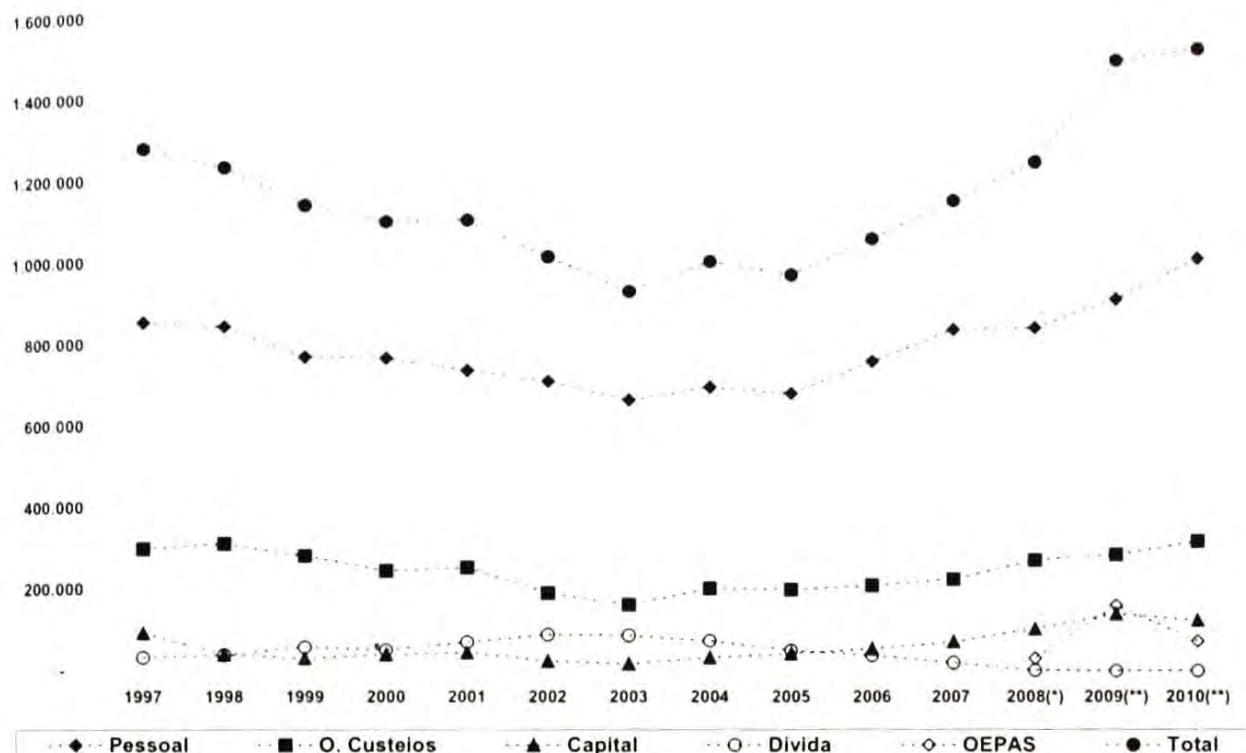


Fig. 14. Recursos orçamentários da Embrapa, de 1996 a 2007 e projeção até 2010 (CASTRO e REIS, 2007).

Este claro esforço de incentivo à PD&I agropecuária traz nova energia e possibilidades de ampliação dos benefícios que a empresa produz para o país. A quantificação desta contribuição pode ser evidenciada ao se analisar o balanço social da Embrapa em 2007. Neste documento observa-se que, para cada real aplicado, R\$ 13,36 retornaram para a sociedade brasileira, gerando um lucro social de R\$ 15,47 bilhões. Foram gerados 114.965 empregos a partir de tecnologias geradas pela empresa, além de serem executadas 550 ações de relevante interesse social. E, visando os próximos passos, a Embrapa preparou um Plano Diretor (PDE 2008-2011) considerando os cenários da pesquisa agrícola no horizonte dos próximos 15 anos (2008-2023), quando ela completará 50 anos de sua criação. Este documento serviu de base para a preparação dos Planos Diretores das Unidades da empresa (PDU 2008-2011).

Considerações finais

Portanto, na esperada “segunda revolução” da agricultura, a “Revolução Dourada”, deverão ser gerados competitivamente produtos, serviços e conhecimento em alimentos, fibras e energia, que respeitem os rigorosos padrões da sustentabilidade. Neste cenário, apresentam-se desafios e oportunidades para que políticas públicas aliadas à C&T permitam desenvolver e viabilizar sistemas agroindustriais integrados e sustentáveis que contemplem as dimensões econômica, social, ambiental, de redução das desigualdades regionais e da inserção global soberana do país. Visando encarar tais desafios com visão e foco, é válida a máxima já consagrada: “é preciso pensar grande, começar pequeno e agir rápido”.

Utilizando o aprendizado obtido com as conquistas do passado e enfrentando com criatividade e determinação os novos desafios do futuro, espera-se contribuir para que a agricultura continue sendo uma seara de vida para a humanidade.

Agradecimentos

Agradecemos à colaboração de Renato Cruz Silva (Assessoria de Comunicação Social da Embrapa, Brasília - DF) no tópico “Construção do Conhecimento em Agricultura Tropical no Brasil e seus Impactos” e a de Emerson de Stefani (Gabinete da Presidência da Embrapa, Brasília, DF) pelo trabalho de artes gráficas e compilação de dados do agronegócio.

Referências

BOLETIM CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-CHINA. [S. l.], n. 2, dez. 2006.

BRASIL. Congresso. Lei nº 11.487, de 15 de junho de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jun. 2007. P. 1 Edição Extra.

CAMPOS, V. M. C. Ciência, Tecnologia e Inovação. **Cadernos BDMG**, Belo Horizonte, n. 9, 2003.

CASTRO, E. L. A de.; REIS, J. J. **Relatório Interno de Gestão de Recursos Orçamentários (2007) – DAF - Departamento de Administração Financeira da Embrapa**. Brasília, DF: EMBRAPA-DAF, 2007. não paginado. Relatório interno.

CONAB (Brasil). **Indicadores Agropecuários**. Brasília, 2008.

Disponível em:

<<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=101>>. Acesso em: 01 abr 2008.

ELIAS, L. A. R. **Plano de Ação 2007 – 2010**: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional: Investir e inovar para crescer. In: SEMINÁRIO ANDIFES MODELO DE PESQUISA E DE PÓS-GRADUAÇÃO NAS IFES. **Palestra...** Salvador, BA: UFBA, 2008.

ETANOL no Brasil não prejudica produção de grãos, diz Jeb Bush. G1 (diário eletrônico): economia e negócios: álcool. 2007. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios/0,,MUL23270-9356,00.html>. Acesso em: 01 abr 2008.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Terrastat: Database. 1994. Disponível em:

<<http://www.fao.org/AG/agl/agll/terrastat/#terrastatdb>>. Acesso em: 23 jul. 2008.

FRACO resultado em C&T. Curitiba: TECPAR; APPI, 2004. Disponível em:

<<http://www.tecpar.br/appi/NewsLetter/FRACO%20RESULTADO%20EM%20C&T.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2008. Originalmente publicado no Jornal o Estado de S. Paulo, 03 mar. 2004.

OMPI - Organização Mundial da Propriedade Intelectual. **WIPOPATENT REPORT**: Statistics on Worldwide Patent Activity. Geneva, 2007

Disponível em: <[http://www.inpi.gov.br/menu-](http://www.inpi.gov.br/menu-superior/imprensa/informacoesparaimprensa/ompi)

[superior/imprensa/informacoesparaimprensa/ompi](http://www.inpi.gov.br/menu-superior/imprensa/informacoesparaimprensa/ompi)>. Acesso em: 18 nov. 2008.

PRATA, C. F. **Relatório Interno de Gestão de Recursos Humanos (2007) – DGP - Departamento de Gestão de Pessoas da Embrapa**. Brasília, DF: EMBRAPA-DAF, 2007. não paginado. Relatório interno.

REZENDE, S. **Plano de Ação 2007 – 2010**: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional: Investir e inovar para crescer: Proposta para discussão no Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. Palestra.

USPTO – United States Patent and Trademark Office. **Public Search Facility Newsletter**. [Alexandria], 2007.

Manuseio pós-colheita e rastreabilidade de frutas e hortaliças

Celso Luiz Moretti

Steven A. Sargent

Leonora Mansur Mattos

Aspectos gerais do manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças

Introdução

O manuseio pós-colheita é uma das principais etapas da cadeia produtiva de frutas e hortaliças. Desde a colheita, uma série de cuidados deve ser tomada visando preservar a qualidade dos diferentes produtos. Fatores como ponto de colheita, seleção, classificação, embalagem, resfriamento rápido, armazenamento refrigerado e transporte, dentre outros, influenciam decisivamente na qualidade do produto que será comercializado.

A colheita das frutas e hortaliças deve ser feita nas horas mais frescas do dia, preferencialmente pela manhã. Quando isso não for possível, deve ser realizada ao entardecer ou no início da noite. Cada produto tem seu ponto ótimo de colheita, que é baseado em aspectos fenológicos e mercadológicos. Assim, hortaliças de fruto como o quiabo são colhidas ainda imaturas enquanto que outras, como o tomate, podem ser colhidas maduras.

Após a colheita, frutas e hortaliças devem ser imediatamente retiradas do contato direto com a luz do sol. De preferência, devem ser levadas imediatamente para a casa de embalagem, onde serão selecionadas e classificadas. Quando isso não for possível, devem ser colocadas à sombra. Na operação de colheita devem ser utilizadas somente caixas limpas e higienizadas. Jamais devem ser usadas caixas que foram

anteriormente utilizadas para o transporte de agrotóxicos ou lixo. Após a colheita, todas as caixas utilizadas devem ser lavadas de forma vigorosa com água limpa. No enxágüe final, deve ser utilizada uma solução de cloro na concentração de 50 a 100 mg de cloro livre por litro de água limpa. Os produtos colhidos devem ser levados, assim que possível, para a casa de embalagem. As caixas devem ser colocadas com cuidado no veículo que será usado para transportá-las até a casa de embalagem.

Recepção e operações na casa de embalagem

Na plataforma de recepção da casa de embalagem deverá ser anotado o máximo de informações possíveis sobre o produto que ora é recebido visando garantir que o mesmo possa ser posteriormente rastreado, se necessário.

As principais operações realizadas na casa de embalagem são limpeza, seleção, classificação, embalagem e armazenamento. Tais operações podem ser realizadas manualmente em estruturas mais simples ou com o auxílio de equipamentos sofisticados, com emprego de sensores ópticos e outras ferramentas digitais. A limpeza pode ser realizada por meio de escovas colocadas em equipamentos, por lavagem com água limpa e clorada, seguida de escovação e secagem por aspersão de ar seco ou manualmente.

A seleção e a classificação é realizada de acordo com as exigências dos mercados que se pretende atingir. Assim, é extremamente importante que se saiba de antemão quais são essas exigências, que podem ser relacionadas com tamanho, peso, cor, tipo de embalagem, dentre outros.

Linhas de seleção e classificação automatizadas têm sido utilizadas nos EUA há mais de 80 anos, provendo meios de se manusear, de forma contínua, frutas e hortaliças desde o campo até a casa de embalagem, passando pelas operações de lavagem, seleção, classificação e embalagem. O uso de linhas automatizadas de seleção e classificação de produtos perecíveis depende, basicamente, da fragilidade e perecibilidade do produto. Por exemplo, hortaliças como

o morango, folhosas e ervas frescas são geralmente embaladas no campo a fim de se minimizar a ocorrência de injúrias mecânicas.

Durante os últimos 15 anos, a pesquisa em fisiologia e tecnologia pós-colheita propiciou uma série de inovações em sensores, e a capacidade computacional de várias máquinas estimulou a introdução de novas tecnologias que tornaram as atividades nas casas de embalagem muito mais eficientes. Essas tecnologias incluem:

- Equipamentos para transferência eficiente de produtos nas linhas de seleção e classificação;
- Controle variável de velocidade dos sistemas de seleção e classificação em casas de embalagem, baseado na qualidade do produto;
- Controle automático de sanificantes para sistemas de recirculação de água;
- Sensores computadorizados em tempo real, incluindo: *seleção digital de cor, formato e tamanho; sensores infra-vermelhos para qualidade interna; peso; firmeza; tamanho; controle de estoque; medida da qualidade do ar (O_2 , CO_2 , CO , C_2H_4 , amônia);*
- Operações de resfriamento eficientes e armazenamento refrigerado;
- Embalagens projetadas adequadamente;
- Contentores de plástico retornáveis e pallets;
- Registro de temperatura durante a distribuição;
- Acesso direto, em tempo real, a bases de dados.

Os sistemas de automação podem ser utilizados desde a recepção do produto que vem do campo até a distribuição. No estado americano da Califórnia, casas de embalagem de romãs empregam sistemas automatizados de recepção, seleção, classificação, enchimento de embalagens e distribuição (Fig. 1).



Fig. 1. Sistemas automatizados de recepção, lavagem e seleção de romãs (foto: Celso Luiz Moretti).

Para citros e tomates, a utilização de sistemas ópticos digitais de seleção e classificação de frutos é uma realidade. Nesses casos, câmeras digitais chegam a tirar até 48 fotos de um único fruto que passa sob os sensores, sendo capazes de identificar, em alguns casos, defeitos com até 1 mm² de área (Fig. 2).



Fig. 2. Sistema óptico digital de seleção de frutos cítricos em casa de embalagem (foto: Celso Luiz Moretti).

De acordo com o mercado de destino, são escolhidas as embalagens mais apropriadas. Assim, frutas e hortaliças selecionadas e classificadas podem ser colocadas em embalagens plásticas de 20 ou 25 kg ou serem transportadas a granel para um determinado cliente. Por outro lado, podem ser colocadas em caixas de papelão ondulado, com quantidades variando entre 5 e 8 kg, e enviadas para outra clientela específica. Podem ainda ser colocadas em sacos de aniagem

e também transportadas a granel. Mais uma vez, é extremamente importante que se saiba qual a demanda dos clientes a fim de entregar o produto que mais lhes agrade.

Um conjunto de informações mínimas deve constar das embalagens: nome do produto; nome do produtor ou razão social e o endereço; peso líquido do produto; data de embalagem. Outras informações adicionais podem ser incluídas: classificação do produto; qualidade do produto; prazo de validade.

A embalagem é considerada como um 'cartão de visita' de um produtor ou grupo de produtores, pois é um dos pontos altos de um trabalho de qualidade e apresentação, que colabora para o estabelecimento de um elo de fidelidade entre produtor e consumidor, o qual identifica na embalagem uma marca e um fornecedor com quem pode interagir, inclusive no caso de eventuais problemas.

Uma vez embaladas, as frutas e hortaliças devem ser submetidas ao resfriamento rápido visando retirar o calor de campo e maximizar a vida de prateleira do produto. Tal tecnologia surgiu aparentemente na década de 50 do século passado, quando cargas refrigeradas eram transportadas de costa a costa nos EUA. Com o final da Segunda Guerra Mundial, houve um significativo aumento da demanda por produtos refrigerados no mercado americano, o que alavancou, de forma decisiva, a cultura do frio naquele país.

Anteriormente conhecido como pré-resfriamento, o resfriamento rápido é uma técnica que preconiza o abaixamento, num curto espaço de tempo da temperatura de frutas e hortaliças frescas logo após a colheita, fazendo com que seja reduzido o metabolismo vegetal e, por consequência, aumentada a vida pós-colheita.

Assim, quanto menor for a temperatura com que o produto chegar à casa de embalagem para sofrer o resfriamento rápido, menos energia será gasta para abaixá-la. Desta forma, recomenda-se que a colheita seja feita nas horas mais frescas do dia, de preferência logo ao amanhecer. Exceções a essa regra são alguns frutos cítricos, que são facilmente danificados quando são colhidos pela manhã, pois estão muito túrgidos, ou quando se colhem frutos que serão enviados para o mercado de destino na mesma noite, a fim de se aproveitar as horas

mais frescas. Outras práticas simples como pintar o teto da casa de embalagem de cores claras, empregando tintas conhecidas como “frias”, a fim de aumentar a reflexão da luz solar e com isso abaixar a temperatura interna, bem como instalar aspersores no telhado (parte externa) da casa de embalagem, auxiliam na redução da temperatura ambiente e, por conseguinte, do produto.

O resfriamento de frutas e hortaliças envolve a transferência de calor do produto para um meio refrigerante, como o ar ou a água. Dentre os processos de transferência de calor envolvidos, citam-se a condução, a convecção, a radiação e a evaporação. No resfriamento rápido, é extremamente importante ter conhecimento sobre o tempo total que se gastará para se resfriar o produto até a temperatura desejada. Para se estimar esse tempo, são avaliadas normalmente duas variáveis: o tempo de meio resfriamento e o tempo de 7/8 de resfriamento. O tempo de meio resfriamento é o tempo gasto para se resfriar o produto até a temperatura média entre a inicial e a final. Frequentemente, utiliza-se também o tempo de 7/8 de resfriamento (que equivale, em média, a 3 vezes o tempo de meio resfriamento), que pode ser definido como o tempo equivalente para se resfriar o produto até 7/8 da diferença entre a temperatura inicial e a temperatura média do meio de resfriamento.

Dentre os métodos de resfriamento rápido mais empregados estão o resfriamento a ar, ar forçado, hidroresfriamento, por gelo e a vácuo. O resfriamento rápido a ar, também conhecido como o método da câmara fria, é um dos mais baratos e mais lentos para se resfriar frutas e hortaliças frescas. Os produtos são simplesmente colocados dentro de uma câmara fria, embalados ou não, à temperatura desejada, e o ar frio circula livremente através da carga, trocando calor com o produto, resfriando-o. A principal vantagem do resfriamento rápido em câmara fria é que o produto pode ser resfriado dentro da própria câmara que será utilizada para armazenamento posterior, não havendo necessidade, portanto, de ser transferido, o que minimiza o manuseio do produto. Dentre as desvantagens, citam-se a lentidão do processo, o que acarreta na maior possibilidade de deterioração, a maior necessidade de espaço, maior perda de água do produto, em função do maior tempo de exposição às condições de

estresse. Produtos que normalmente são resfriados pelo método da câmara fria são batata-doce, frutos cítricos e maçã.

O resfriamento rápido com ar forçado é o método mais popular empregado para se resfriar frutas e hortaliças frescas. Nessa modalidade, as caixas ou paletes são arranjados dentro de uma estrutura coberta com uma lona térmica e o ar frio é succionado através da carga, fazendo com que a temperatura abaixe de forma muito mais rápida do que na técnica descrita anteriormente. Normalmente, as caixas ou paletes são arranjados dentro de uma câmara fria, regulada para a temperatura desejada. Como principais vantagens, tem-se a rapidez do processo, a inexistência de condensação de água sobre o produto e a menor taxa de deterioração, em função da maior velocidade do processo, dentre outros. Em geral, o tempo de resfriamento com ar forçado é 75 a 90% menor do que com o método da câmara fria, mas ainda é mais lento do que o hidrorresfriamento ou resfriamento rápido a vácuo. Como principais desvantagens, estão a desuniformidade de resfriamento dos produtos, pois uns atingem mais rápido a temperatura desejada do que outros, a dificuldade do uso de embalagens secundárias, como normalmente é feito com folhosas, e a demanda de manuseio adicional dos produtos, dentre outros. Os principais produtos que são resfriados com essa técnica são pimentão, berinjela, tomate, morango, cebola e alho, dentre outros.

No resfriamento rápido com água gelada, ou hidrorresfriamento, o produto é resfriado por imersão, lavagem ou aspersão com água a baixa temperatura (Fig. 3). É um método econômico, simples e eficiente para se resfriar frutas e hortaliças frescas. A água utilizada nesse sistema deve ser potável e corrente a fim de se evitar possíveis contaminações do produto com microrganismos. Todavia, o uso de água corrente pode encarecer o processo. Dessa forma, preconiza-se a cloração da água na proporção de 100 a 150 mg de cloro livre por litro de água limpa.

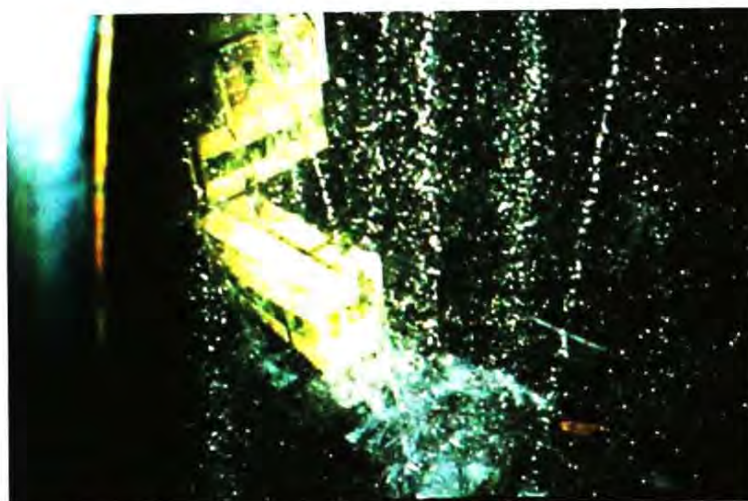


Fig. 3. Resfriamento rápido de feijão-vagem com água gelada (hidroresfriamento). (foto: Steven Sargent).

As principais vantagens do hidrorresfriamento são a rapidez do processo, a simplicidade e eficiência e a possibilidade de utilização em sistemas de diferentes tamanhos. Como principais desvantagens, citam-se a possibilidade de danos às embalagens, de contaminação disseminada pela água e a necessidade de uso de embalagens que não absorvam água (enceradas). Os principais produtos resfriados com água gelada são maçã, milho doce, cenoura, aipo (salsão), rabanete, pêssigo e cereja.

O resfriamento rápido com gelo é uma variação do método anterior onde se utiliza gelo picado adicionado à água para aumentar ainda mais as vantagens do resfriamento com água gelada. O gelo picado é misturado com os produtos enquanto estes são embalados. Virtualmente, todo o gelo é consumido para absorver o calor do produto, resfriando-o. Como regra geral, cada quilo de gelo tem a capacidade de resfriar 8 quilos de produtos até cerca de 5°C, na maioria dos casos. O gelo pode ainda ser finamente moído, misturado à água e injetado no interior das embalagens de material previamente resfriado, assegurando a manutenção da baixa temperatura (Fig. 4). Esse método tem como principais vantagens permitir o uso racional do equipamento frigorífico, que pode ser utilizado para produzir gelo à noite, quando as tarifas energéticas são mais baratas, gerando os chamados “bancos de gelo”. Como desvantagens, citam-se o fato de que nem todos os produtos, mesmo aqueles que suportam temperaturas baixas, podem ter contato direto com o gelo, causando

danos superficiais visíveis e a dificuldade de se conseguir uma distribuição uniforme do gelo, dentre outros. A técnica é bastante utilizada para resfriar brócolis e milho doce.



Fig. 4. Resfriamento rápido de milho doce com gelo picado. (foto: Steven Sargent).

O resfriamento rápido a vácuo começou a ser utilizado em larga escala a partir de 1948 na Califórnia, EUA, para resfriar alface da cultivar iceberg. Nessa modalidade de resfriamento, o produto, normalmente com alta relação superfície / volume, como é o caso das folhosas, é colocado em câmaras herméticas onde a pressão atmosférica é drasticamente reduzida, fazendo a água do produto evaporar a temperaturas baixas, resfriando o produto (Fig. 5). É a evaporação da água da superfície do produto que ocasiona o abaixamento de sua temperatura e, por essa razão, o princípio é o mesmo do usado no resfriamento evaporativo. De maneira geral, evaporando-se entre 3 e 4% da água do produto, consegue-se abaixar a temperatura até a desejada. A principal aplicação do resfriamento rápido a vácuo é para folhosas, devido à elevada relação superfície / volume dessas hortaliças. As folhosas podem ser embaladas diretamente no campo e resfriadas a vácuo rapidamente, de forma bastante uniforme. Uma das principais vantagens do processo é a velocidade de resfriamento em comparação aos outros processos descritos anteriormente, além da eficiência energética, pois não há resfriamento das paredes da câmara, sendo perdida pouca energia. Por outro lado, tem como principal desvantagem o elevado custo e a necessidade de mão-de-obra especializada para sua montagem. A

instalação de um sistema de resfriamento rápido a vácuo só é justificada em regiões onde existe grande quantidade de produtos a ser resfriado, e a ociosidade do equipamento é mínima.



Fig. 5. Resfriamento rápido de alface americana com sistema a vácuo. (foto: Celso Luiz Moretti).

Após o resfriamento rápido, as frutas e hortaliças podem ser armazenadas em condições refrigeradas com controle estrito de temperatura e umidade relativa ou ser enviadas diretamente ao mercado de destino. Deve-se ter em mente que durante o armazenamento os produtos podem sofrer uma série de alterações que podem ser morfológicas, como murchamento, brotações e esverdecimento; fisiológicas, como escurecimento dos tecidos vegetais; e deterioração, principalmente causada pelo manuseio inadequado ou ataque de pragas ou doenças. Deve-se sempre ter em mente que as frutas e hortaliças continuam vivas mesmo depois da colheita e, por esta razão, devem ser manuseadas adequadamente para que o processo de senescência e de deterioração não sejam acelerados.

A temperatura de armazenamento varia de acordo com o tipo de fruta e hortaliça e com a parte comercial (folhas, frutos, raízes, tubérculos, inflorescências) que será armazenada. De maneira geral, produtos de origem tropical não toleram temperaturas de armazenamento abaixo de 10 - 12°C, enquanto outros podem ser armazenadas até a 0 °C.

Transporte

Após selecionado, classificado, embalado e identificado, o produto pode então ser despachado para o mercado de destino. O transporte deve ser preferencialmente realizado em caminhões refrigerados à temperatura adequada, de acordo com as exigências de cada produto.

O contentor refrigerado (baú) em que será colocado o produto deve ser previamente lavado com água limpa e sanitizado com água clorada (50 a 100 mg de cloro livre por litro de água limpa). É importante que o sistema de refrigeração do caminhão seja ligado antes de se colocar o produto dentro do baú e não depois de colocado o produto. Quando não houver a possibilidade de se utilizar caminhões com baús refrigerados, podem ser usados caminhões que possuam baús isotérmicos, isto é, com a parede revestida com material isolante, que impede que haja uma significativa troca de calor do produto com o meio externo.

Quando também não for possível a utilização de baú com material isolante, pode ser usada como alternativa a lona térmica, que é uma manta fabricada com material isolante, que tem a função de reduzir a troca de calor do produto com o meio externo. Recomenda-se em ambos os casos que tanto o baú quanto a lona isotérmica sejam pintados com tinta branca fria, que auxilia na manutenção da baixa temperatura do produto. Caso ambas situações de transporte acima descritas não sejam possíveis de implementação, recomenda-se que a carga seja transportada preferencialmente à noite, quando a temperatura é mais amena.

Frutas e hortaliças como alimentos funcionais

Frutas e hortaliças são fontes significativas e importantes de diversos compostos com propriedades funcionais. Uma dieta rica em frutas e hortaliças está associada com a redução do estresse oxidativo e de doenças correlatas. Os efeitos benéficos desses alimentos são atribuídos às substâncias funcionais ou bioativas presentes. Tais substâncias são constituintes extranutricionais que ocorrem, tipicamente, em pequenas quantidades, em produtos vegetais e alimentos ricos em lipídeos. Esses compostos variam amplamente em

estrutura química e função, e entre eles figuram compostos fenólicos, incluindo suas subcategorias como flavonóides; fitoestrógenos; pigmentos carotenóides como o licopeno; compostos organossulfurados; fibras alimentares; isotiocianatos e monoterpênos, dentre outros.

Compostos fenólicos contêm anéis aromáticos com um grupo hidroxila e variam de simples moléculas a grandes oligômeros. Nas plantas, os compostos fenólicos atuam como componentes estruturais, além de apresentarem atividade antioxidante, antimicrobiana, antiviral e anticarcinogênica. Muitos flavonóides possuem coloração variada tornando as flores e frutos atrativos para pássaros e insetos. Alguns deles combatem efetivamente radicais livres e íons metálicos.

As classes de fenólicos encontrados na dieta humana são os flavanóis (catequina, epicatequina e epicatequina galato, componentes dos chás verde e preto e do vinho tinto); flavononas (como a hesperidina, encontrada em alguns frutos cítricos); flavonóis (caempferol, miricetina, rutina e quercetina, encontrados em brócoli, cebola, frutas vermelhas e vinho tinto); flavonas (isoflavonas da soja, principalmente genisteína e daidzeína), antocianidinas (como as cianidinas das frutas vermelhas), e fenilpropanóides (como os ácidos caféico, elágico e clorogênico, presentes em café, batatas e morangos). Os benefícios dos compostos fenólicos têm sido investigados extensamente em células e tecidos *in vitro* e modelos de cobaias animais, documentando suas propriedades antioxidantes e sua participação na prevenção e em terapias de diversas doenças.

Nos últimos anos, diversos trabalhos desenvolvidos com frutas e hortaliças têm focado o efeito de tratamentos pós-colheita em aspectos quantitativos e qualitativos de compostos funcionais presentes nesses produtos. Assim, trabalhos desenvolvidos na Embrapa Hortaliças têm focado os efeitos de armazenamento refrigerado, processamento mínimo, cocção e desidratação, dentre outros, em compostos funcionais presentes em cebola, alho e morango.

Produção segura de frutas e hortaliças e rastreabilidade

A inocuidade dos alimentos consumidos tem sido uma preocupação diária em todo o mundo e está cada vez mais claro para os consumidores que sua saúde está diretamente relacionada com a qualidade do alimento consumido. Recentes surtos de contaminação de alimentos, como o ocorrido com espinafre nos EUA, têm levado autoridades públicas e empresas privadas a reavaliarem normas, padrões e diversos processos produtivos. A produção de frutas e hortaliças envolve uma série de etapas, desde a escolha do material propagativo até a comercialização do produto acabado, na forma fresca ou processada.

Frutas e hortaliças seguras são livres de contaminações de natureza biológica, química e física, ou seja, não causam dano nem são veículo para agentes capazes de colocar em risco a saúde do consumidor. Dentre os processos adotados na busca pelos padrões exigidos de segurança e inocuidade destacam-se as boas práticas agrícolas (BPA), a análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) e a produção integrada (PI). É importante salientar também que a rastreabilidade é parte integrante e indispensável do processo de obtenção de frutas e hortaliças seguras.

Os principais pontos que devem ser observados por produtores e técnicos na implementação de um programa de boas práticas agrícolas são as condições de higiene do ambiente de produção, a qualidade dos insumos utilizados, a escolha do material propagativo, a qualidade da água e de adubos orgânicos e minerais, as características dos solos quanto ao potencial de contaminação por microrganismos ou produtos químicos, o uso adequado de agroquímicos, a saúde e higiene dos trabalhadores, a existência de instalações sanitárias apropriadas, os equipamentos associados com o cultivo e a colheita, manuseio, armazenamento, transporte e tratamentos pós-colheita. Idealmente, as recomendações sobre as BPA devem ser colocadas em local bem visível na propriedade rural ou na casa de embalagem.

A análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) é um processo científico utilizado para se identificar perigos e estimar os riscos que podem afetar a inocuidade de um alimento, visando se

estabelecer medidas de controle e corretivas nas diversas etapas da cadeia produtiva de alimentos, incluindo-se frutas e hortaliças.

É uma das ferramentas utilizadas para se garantir a inocuidade dos alimentos. O APPCC é um sistema dinâmico e, quando aplicado corretamente, garante a ausência dos perigos considerados, já que foram controlados no processo. As boas práticas agrícolas descritas anteriormente são consideradas um pré-requisito para a implementação do sistema APPCC e sua adoção, na produção de frutas e hortaliças, ocorre apenas na etapa de pós-colheita, não sendo possível sua implementação na fase pré-colheita.

A elaboração do plano APPCC inclui sete princípios básicos: análise de perigos, identificação de pontos críticos e pontos críticos de controle, estabelecimento de limites críticos, programa de monitorização do limite crítico, ações corretivas (quando ocorrer desvios dos limites críticos), ações de registro e de verificação.

A produção integrada (PI) de frutas e hortaliças é um processo de obtenção de produtos de alta qualidade, priorizando-se métodos mais seguros do ponto de vista ecológico, buscando minimizar os efeitos secundários indesejáveis do uso de agrotóxicos e adubos inorgânicos. É um processo que tem como foco, além da qualidade, a proteção ao meio ambiente e à saúde dos consumidores.

A adoção da produção integrada de frutas brasileiras, como a maçã, a uva de mesa e a manga possibilitou que produtos nacionais adentrassem os competitivos mercados americano e europeu. Mais recentemente, hortaliças como o tomate industrial e a batata foram contemplados com programas de produção integrada, permitindo que esses produtos também se beneficiem desse novo processo de produção agrícola.

A rastreabilidade é um sistema de identificação que permite resgatar a origem e a história do produto em todas as etapas do processo produtivo adotado, que vai da produção ao consumo. Esse sistema deve, obrigatoriamente, estar contido em todos os processos que procuram obter como produto final frutas e hortaliças seguras destinadas ao consumo. A rastreabilidade é hoje uma exigência para

concretização dos contratos de importação de frutas e hortaliças por vários mercados em todo o mundo.

Até há pouco tempo, no Brasil, a identificação restringia-se somente ao controle do sistema de produção dentro da propriedade. Hoje, a maioria dos sistemas de rastreabilidade permeia várias cadeias produtivas brasileiras. Diversas tecnologias têm sido adotadas para a rastreabilidade de frutas e hortaliças frescas, sendo mais comumente adotado o sistema que emprega códigos de barra. Ultimamente, o sistema de identificação por rádiofreqüência tem sido empregado em várias partes do mundo, havendo uma tendência de expansão de uso desta tecnologia.

A identificação por rádiofreqüência ou *radio frequency identification* (RFID) baseia-se na identificação automática e recuperação de dados armazenados em sistemas com o emprego de antenas e etiquetas (*tags*) ou *transponders*. Uma etiqueta de identificação por rádiofreqüência é, basicamente, um objeto que pode ser incorporado a um produto, embalagem, palete, animal ou mesmo pessoa com o intuito de identificação, fazendo-se uso de ondas de rádiofreqüência. Em outras palavras, a identificação por rádio freqüência tem objetivo similar à da técnica de identificação por código de barras tendo, entretanto, várias vantagens comparativas.

O funcionamento do sistema é baseado em três partes: um transmissor (ou etiqueta), uma antena e um sistema de leitura. A etiqueta, que possui uma microantena em seu interior e pode ser tão pequena quanto metade de um grão de areia, recebe sinais eletromagnéticos emitidos por uma antena e, por sua vez, envia as informações armazenadas que são lidas por uma leitora. Uma grande vantagem desse sistema é que, diferentemente do código de barras, não há necessidade da proximidade física entre leitora e etiqueta bem como não é necessário que a etiqueta esteja no raio de visão da leitora.

As etiquetas possuem em sua constituição chips de silício e micro antenas, e podem ser de dois tipos: ativas e passivas. As etiquetas passivas não necessitam de uma fonte externa de energia e transmitem a informação para a antena quando interrogadas por essa. Já as etiquetas ativas possuem uma fonte própria de energia e

fornecem a informação também quando interrogadas pela antena, todavia de forma mais rápida.

Nas etiquetas passivas, a diminuta corrente elétrica produzida na antena pelo sinal de radiofrequência que chega à etiqueta é suficiente para ativá-la e transmitir de volta a informação nela armazenada. Isso significa que a antena presente na etiqueta deve ser projetada de tal forma a tanto coletar energia do sinal recebido para sua ativação quanto usar esse sinal para enviar a informação disponível.

Ao contrário das etiquetas passivas, as ativas possuem uma fonte própria de energia, que é usada para fornecê-la aos circuitos integrados que geram o sinal de saída. As etiquetas ativas são mais eficientes do que as passivas uma vez que a energia própria permite que elas estabeleçam contatos mais eficientes com os sistemas de leitura. Além disso, elas são mais eficientes em situações desafiadoras, como presença de água livre, metal ou longas distâncias. Possuem maior memória e maior faixa de leitura, chegando a até 100 metros de distância da leitora. Algumas delas já possuem sensores que permitem o armazenamento de informações sobre temperatura, umidade relativa, impactos, radiação e até etileno.

De maneira geral, tanto as etiquetas passivas quanto as ativas podem ter uma variada gama de tamanhos e formatos. Etiquetas usadas em animais possuem diâmetro aproximado de uma ponta de lápis e comprimento de 1,3 cm. Já as usadas em humanos podem ser do tamanho de um grão de arroz. As etiquetas podem ser maiores, como é o caso dos discos de plástico presos às peças de roupas para impedir o furto em várias lojas em todo o mundo.

Existe uma gama variada de aplicação dos sistemas de identificação por radiofrequência. A tecnologia pode ser usada em documentos como passaportes, em bibliotecas, pedágios em rodovias, identificação de animais, no controle de vendas e de estoque em supermercados, na manutenção preventiva de aeronaves, no controle de bagagens em aeroportos, no controle de pacientes em hospitais, dentre outros.

No Brasil, a utilização da tecnologia de identificação por radiofrequência já é uma realidade em estradas dos estados de São

Paulo e Minas Gerais, dentre outros. Nesses estados as praças de pedágio possuem cabines dedicadas àqueles motoristas que possuem em seus veículos etiquetas ativas de identificação por rádiofreqüência que são interrogadas por antenas presentes nas cabines e, automaticamente, debitam na conta do usuário a tarifa do pedágio, sem necessidade de parada do veículo. A mesma tecnologia está sendo implementada em estacionamentos de *shopping centers* de São Paulo visando facilitar a entrada e a saída dos usuários.

Uma grande rede varejista americana é a principal precursora do uso da tecnologia de identificação por rádiofreqüência no controle e rastreabilidade de diversos produtos. A rede supermercadista iniciou o processo estimulando seus fornecedores a adotarem o uso da etiquetas nos produtos fornecidos. Inicialmente, foram feitos testes com 100 fornecedores, que verificaram uma melhora significativa na eficácia e eficiência de seus processos de compra e venda de insumos e produtos acabados.

De todas as aplicações da identificação por rádiofreqüência listadas anteriormente, a mais interessante para aqueles envolvidos com o agronegócio de frutas e hortaliças está na possibilidade da rastreabilidade desses produtos na cadeia produtiva. A adoção dessa identificação possibilita que produtos perecíveis como caixas ou paletes de tomates, melões ou laranjas, dentre outros, possam ser identificados e rastreados até o produtor, dando mais segurança para quem vende e mais tranquilidade para quem compra.

Diversos laboratórios em todo o mundo têm envidado esforços para otimizar o uso de sistemas de identificação por rádiofreqüência, especificamente para produtos perecíveis como frutas e hortaliças frescas. O Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças entrou, recentemente, nesse seleto grupo de instituições que estuda as aplicações da tecnologia de identificação por rádiofreqüência para produtos perecíveis frescos, mais especificamente, hortaliças frescas. Os estudos realizados na Embrapa Hortaliças estão inicialmente focados na localização das etiquetas e na velocidade de paletes de produtos e de esteiras carregadas com caixas individuais, bem como na presença de água livre na superfície de produtos, algo bastante comum de acontecer num sistema de manuseio pós-colheita como o

empregado no Brasil, onde a cadeia do frio é várias vezes quebrada (Fig. 6).

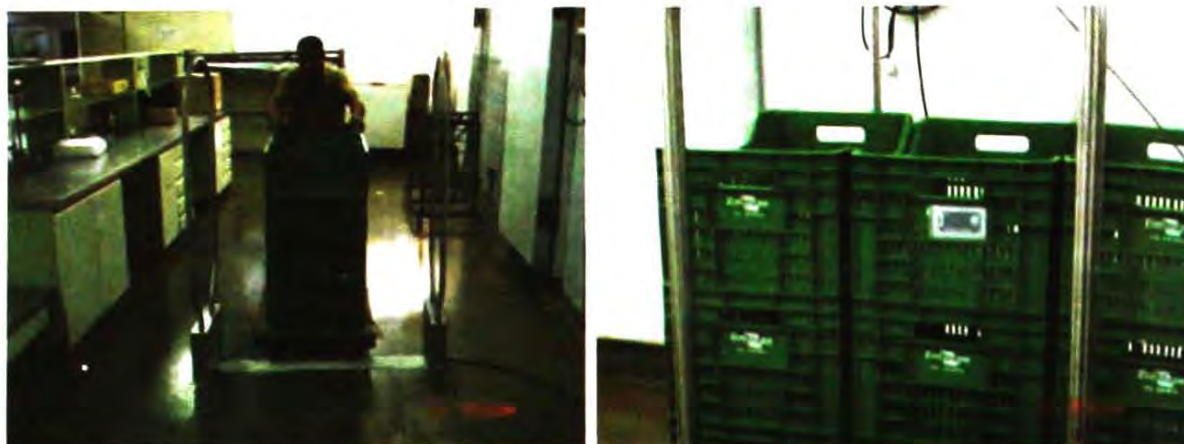


Fig. 6. Sistema de identificação por rádiofreqüência instalado na Embrapa Hortaliças com portal (E). Detalhe do posicionamento da etiqueta passiva no conjunto de caixas (D) (fotos: Celso Luiz Moretti).

Estão também previstos estudos desenvolvidos em parceria com outras instituições buscando o desenvolvimento de etiquetas ativas dotadas de sensores de O₂, CO₂, etileno e umidade relativa, dentre outros. A idéia é utilizar novas etiquetas já disponíveis no mercado produzidas à base de polímeros semicondutores que não possuem silício em sua constituição. Similarmente a outros polímeros condutores de energia elétrica, como os utilizados em equipamentos como o nariz e a língua eletrônicos, tais sensores permitirão a identificação e a quantificação de substâncias presentes no meio ambiente.

Literatura Consultada

BENARDE, M. A.; SNOW, W. B.; OLIVIERI, V. P.; DAVIDSON, B. Cynetics and the bacteria disinfection mechanism by chlorine dioxide. **Applied Microbiology**, Washington, v. 15, p. 2167-2171, 1967.

BEUCHAT, L. R. E.; GOLDEN, D. U. M. Natural occurring antimicrobial agents in food stuff. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, p. 135-142, 1989.

CANTWELL, M. I.; KASMIRE, R. F. Postharvest handling systems: fruit vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Oakland: University of California, 2002. p. 407-422.

CORDENUNSI, B. R.; GENOVESE, M. I.; OLIVEIRA DO NASCIMENTO, J. R.; HASSIMOTTO, N. M. A.; DOS SANTOS, R. J.; LAJOLO, F. M. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 91, p. 113–121, 2005.

CORTEZ, L. A. B.; HONORIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de Frutas e Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças; Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 428 p.

DAS, R. **An Introduction to RFID and Tagging Technologies**. Cambridge: United Kingdom, 2002. White paper, IDTechEx. Disponível em: <<http://www.idtechex.com>>. Acesso em: 2 Abr. 2007.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. **Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables**. Washington D.C., 1998. 38 p.

HÄKKINEN, S. H.; KARENLAMPI, S. O.; HEINONEN, I. M.; MYKKANEN, H. M.; TÖRRÖNEN, A. R. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, p. 2274-2279, 1999.

KÄKÖNEN, M. P.; HOPIA, A. I.; VUORELA, H. J.; RAUHA, J. P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T. S.; HEINONEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, p. 3954-3962, 1999.

KARKKAINEN, M. Increasing efficiency in the supply chain for short shelf life goods. **International Journal of Retail & Distribution Management**, Bradford, v. 31, n. 10, p. 529-536, 2003.

KITS, D. D. Bioactive substances in food: identification and potential uses. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 72, p. 423-424, 1994.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E.; HILPERT, K. F.; GRIEL, A. E.; ETHERTON, T. D. Bioactive Compounds in Foods: Their Role in the Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. **The American Journal of Medicine**, New York, v. 113, n. 9b, p. 71S-88S, 2002.

MELO, C. O.; MORETTI, C. L.; MACHADO, C. M. M.; MATTOS, L. M.; MUNIZ, L. B. Alterações químicas e físicas em bulbos de cebola durante o armazenamento refrigerado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES, 2., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. v. 1. p. 266-266.

MORETTI, C. L. Casa de embalagem e transporte. In: **ELEMENTOS de Apoio de Boas Práticas Agrícolas e o Sistema APPCC**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. v. 1. p. 165-180.

MORETTI, C. L. Vegetable crops production. In: ASSAD, M. L.; SPEEDY, A.; HAIGHT, B.; KUENEMANN, E.; CAMPOS, F. A. A. C.; MACEDO, J.; IZQUIERDO, J.; PORTO, M. C. M.; BARBOSA, S. (Org.). **Guidelines for Good Agricultural Practices**. Brasília: Embrapa, 2002, v. 1. p. 65-97.

MUNIZ, L. B.; MELO, C. O.; MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M.; CARVALHO, P. G. B.; OLIVEIRA, V. R. Qualidade física e química de cebolas minimamente processadas e armazenadas a 5°C. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES, 2., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. v. 1. p. 268-268.

SANDERS, D. C.; MAHOVIC, M.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; RITENOUR, M. A.; SCHNEIDER, K. R.; SIMONNE, A.; BARTZ, J. **Good agricultural practices for the production and handling of tomatoes**. Raleigh, EUA: North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University, 2003. 4 p.

SPANOS, G. A.; WROLSTAD, R. E. Influence of variety, maturity, processing, and storage on the phenolic composition of pear juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 38, p. 817–824, 1990.

WELT, B. A.; EMOND, J. P. **RFID**: Making it so... With some help from the University of Florida. [S. I.]: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2005. 6 p. (Circular 1465).

Carne bovina - produção e avaliação da qualidade

Rymer Ramiz Tullio

Introdução

O Brasil é um país privilegiado no que se refere às condições para produção de proteínas de origem animal. Clima, solos, tecnologias e recursos humanos deixaram de ser obstáculos e passaram a constituir vantagens comparativas, que, somadas à imensa extensão territorial, possibilitam ao país produzir proteína animal com preços competitivos, em quantidades crescentes, com a qualidade desejada pelos consumidores. No caso específico da carne bovina, o progresso ocorrido nas últimas três décadas, especialmente na década de 1990, nas áreas de formação de pastagem, de produção e de conservação de forragem, de suplementação mineral, de melhoramento genético, de sanidade animal, de abate, e de processamento e de comercialização da carne, é bastante significativo (FELÍCIO, 2001).

O Brasil possui um rebanho de gado bovino de 207 milhões de animais, com número estimado de abates de 45 milhões de animais e produção de 9,2 milhões de toneladas de equivalente-carcaça, da qual aproximadamente 26 % são para exportação (CNPC, 2008). O país é o maior exportador de carne bovina do mundo, o que torna esta atividade econômica uma das mais importantes na sua balança comercial.

O conceito de qualidade varia, dependendo de como é visto pelos diversos setores da cadeia. Para o produtor, a melhor qualidade será atingida quando a produção apresentar menor custo e maior produtividade, e quando os animais tiverem melhor desempenho e maior rendimento de carcaça. Para o frigorífico é importante que os produtos apresentem bom acabamento, tais como cobertura de

gordura adequada para o resfriamento da carcaça e uniformidade dos lotes, o que representará melhor rendimento dos cortes nobres, além do peso, principalmente de animais jovens. Para o setor varejista, a padronização dos cortes, a aparência do produto e o tempo de vida-de-prateleira são os pontos considerados como mais importantes. A carne deve corresponder às expectativas do consumidor no que se refere aos atributos de qualidade sanitária, nutritiva e sensorial, além de ter preço justo. Ao adquirir a carne, o consumidor pressupõe que o produto seja proveniente de animais saudáveis, abatidos e processados higienicamente e rigorosamente inspecionados, rico em nutrientes necessários, com aparência típica e palatável à mesa após preparo (FELÍCIO, 1999).

As exigências quanto à qualidade e à segurança dos alimentos estão levando o produtor a implantar processos de controle de qualidade que certifiquem o alimento produzido. Além disso, a preservação do ambiente, exigência do mercado externo principalmente, tem obrigado o produtor a se preocupar, cada vez mais, com a sustentabilidade do sistema produtivo.

O intuito neste capítulo é mostrar como se poderá produzir carne de forma sustentável e avaliar sua qualidade no país.

Produção

Para que a propriedade rural mantenha a produção agroecologicamente sustentável, alguns fatores são importantes. Dentre eles destacam-se a área da propriedade, as instalações rurais, as pastagens, a alimentação, os animais, o manejo animal, o bem estar-animal, a responsabilidade e a função social, a gestão econômica e financeira, a gestão ambiental e a rastreabilidade.

Área

A bovinocultura de corte é uma atividade realizada em todo o território nacional. Para que ela seja conduzida de modo a atender às demandas impostas pela sociedade moderna, sua implantação e sua execução devem ser feitas com observância das restrições

existentes no código florestal brasileiro, referentes às reservas legais e às áreas de proteção ambiental. Essa atividade deve utilizar as informações do zoneamento agrícola e, se a escolha da área for inadequada, resultará em prejuízos sociais, ambientais e de rentabilidade do sistema (EUCLIDES FILHO et al., 2002).

Instalações rurais

As instalações rurais devem ser resistentes e funcionais para o tipo de exploração pecuária escolhida, devem ser seguras, tanto para os animais como para as pessoas responsáveis pelo manejo dos animais, e devem ser construídas da forma mais econômica possível. Instalações inadequadas podem reduzir a competitividade e comprometer a qualidade da carne e do couro.

As cercas devem ser construídas com arame liso e balancins. Devem-se evitar cercas de arame farpado, que podem causar danos no couro dos animais. As cercas internas, preferencialmente, podem ser eletrificadas, uma vez que seu custo é menor do que o das cercas tradicionais. Corredores devem ser construídos para facilitar a condução dos animais entre os pastos ou para o curral, sempre utilizando cercas com arame liso.

O curral deve ser construído em posição central da propriedade, em terreno firme e seco, de forma a permitir a realização de todas as práticas necessárias ao trato dos animais. Essa instalação deverá ter curral de espera, seringa, brete, tronco de contenção, balança, apartadouro, currais de aparte e embarcadouro. Segundo Grandin (2006), a construção na forma curva é vantajosa, pelas seguintes razões: os animais, ao caminharem em curva, "pensam" que estarão voltando para o local de onde vieram; não vêem pessoas e objetos em movimento no final do brete; e a forma em curva aproveita o seu comportamento circular natural. O embarcadouro deve ser construído de tal forma que a entrada tenha inclinação suave e que a saída seja horizontal, com pelo menos 2 m de comprimento; as laterais devem ser totalmente fechadas. É conveniente que no curral haja água potável, energia elétrica e sanitários.

Os reservatórios de água deverão ser construídos ou instalados, preferencialmente, nos locais mais altos da propriedade, de forma a permitir a distribuição da água por gravidade. A capacidade do reservatório deverá ser calculada para atender às necessidades diárias dos animais, com margem de segurança, para eventuais reparos. Os bebedouros devem ser instalados, preferencialmente, de forma a servir duas ou mais subdivisões de pastagem, considerando o consumo entre 50 e 60 L por unidade animal (corresponde a 450 kg de peso vivo ou uma vaca com bezerro ao pé) por dia. Podem ser construídos com diferentes materiais e devem ser limpos regularmente. A qualidade da água deve ser monitorada.

Os cochos para fornecimento de suplemento mineral devem ser cobertos, para evitar perdas pela ação das chuvas. Eles devem ser posicionados na pastagem de forma a permitir a visita dos animais pelo menos uma vez ao dia. Devem ter tamanho que possibilite 5 cm lineares de cocho por animal adulto. Os cochos para fornecimento de concentrados e de volumosos devem ser mais largos e disponibilizar 70 cm lineares para cada animal adulto.

Para a implantação de confinamento de animais, a consulta ao órgão responsável pelo ambiente é primordial. Uma vez obtida essa aprovação, a instalação deve ser feita em área levemente inclinada, próxima do centro de manejo e das áreas de produção, de armazenamento e de conservação dos alimentos. O piquete de engorda deve ser construído de forma a permitir a área de 15 a 20 m² por animal. Os cochos de alimentação devem ser construídos na parte frontal do piquete, utilizando qualquer tipo de material, desde que possa abrigar o volume de alimentos a ser oferecido aos animais.

Pastagens

As pastagens, principal fonte alimentar para os animais, devem possuir qualidade e ser produzidas em quantidade suficiente para atender durante o ano todo às demandas nutricionais das diversas categorias animais existentes na propriedade. Assim, sua correta formação, sua manutenção, sua recuperação ou sua renovação e seu manejo constituem fatores vitais para a competitividade do

sistema de produção. A formação incorreta e o manejo impróprio têm como consequência a não-conservação ambiental e a baixa possibilidade de produção de matéria-prima de qualidade (EUCLIDES FILHO et al., 2002). Portanto, na formação da pastagem, a escolha de espécies forrageiras adaptadas ao tipo de exploração, ao solo e ao clima da região é o primeiro fator a ser considerado (VALLE, 2006).

Para a formação, a recuperação e o manejo adequados das pastagens, segundo Euclides Filho et al. (2002) e Valle (2006), os seguintes pontos devem ser considerados:

- observação da legislação ambiental sempre que houver necessidade de desmatamento;
- manutenção de árvores, de modo a produzir sombra para os animais e assegurar a biodiversidade;
- utilização de práticas de conservação do solo, visando ao controle de erosão;
- utilização de espécies forrageiras adaptadas ao ambiente e de acordo com sua qualidade nutricional, sua produtividade, sua resistência e sua tolerância às pragas e às doenças e aos objetivos do empreendimento.
- utilização de corretivos e de fertilizantes de acordo com a análise físico-química do solo, as exigências das forrageiras escolhidas e o nível de produtividade desejado, seguindo sempre as recomendações técnicas;
- preparação adequada do solo, de acordo com suas características físicas e topográficas, considerando sempre as técnicas conservacionistas;
- utilização de sementes certificadas e insumos, adquiridos de empresas idôneas e usados nas quantidades recomendadas, aprovados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;
- consorciação de gramíneas com leguminosas ou formação de bancos de proteína;

- diversificação das pastagens, para controlar a expansão do monocultivo;
- utilização da integração lavoura–pecuária, sempre que possível;
- restrição no uso de produtos químicos, observando sempre a legislação em vigor e as recomendações do fabricante;
- adequação da taxa de lotação à capacidade de suporte das pastagens, evitando o superpastejo e o subpastejo;
- proibição do uso do fogo no manejo das pastagens, uma vez que essa prática compromete a qualidade do ar, reduz a fertilidade do solo e favorece o aparecimento de erosão;
- utilização do pastejo rotacionado, a fim de possibilitar períodos de descanso para as forrageiras;
- reposição periódica de nutrientes e controle de plantas invasoras.
- planejamento estratégico que assegure reserva de forragem para o período seco do ano;
- orientação por técnico especializado para otimizar a utilização dos insumos e o uso de técnicas que maximizem os melhores resultados.

Alimentação

A propriedade deve ser estruturada para poder disponibilizar aos animais, durante o ano todo, água limpa à vontade, pastagem de boa qualidade e, se necessário, alimentos suplementares que supram os requerimentos nutricionais de produção e de manutenção.

A suplementação alimentar permite melhor aproveitamento das pastagens, principalmente na época em que ocorre escassez de forragem. O uso estratégico de alimentos possibilita o abate de animais jovens, com melhor acabamento, que atende aos padrões requeridos pela cadeia produtiva.

Para que as exigências alimentares sejam atendidas, alguns tópicos, segundo Euclides Filho et al. (2002) e Valle (2006), devem ser observados:

- aquisição de produtos de empresas idôneas e que adotam programas de garantia de qualidade de seus produtos;
- manutenção de registro atualizado dos insumos utilizados na alimentação dos animais;
- utilização de produtos aprovados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, lembrando que é proibido o uso de suplementos que contenham proteínas ou gorduras de origem animal, de antibióticos como aditivo alimentar e de hormônios ou promotores de crescimento com efeito anabólico;
- manutenção de reservas de suplemento volumoso, para atender a possíveis déficit no período crítico do ano, normalmente planejada na estação chuvosa anterior;
- manejo do pasto a ser vedado, de modo a possibilitar disponibilidade e forragem para o período seco subsequente.
- estocagem dos produtos em locais adequados, protegidos de umidade, de roedores, de animais e de eventuais contaminantes;
- verificação do estado de conservação dos produtos antes de sua utilização;
- orientação por técnico especializado para formular os suplementos alimentares de forma apropriada.

Animais

A escolha dos animais é fator essencial para que o empreendimento tenha sucesso. Assim, reprodutores e matrizes devem ser adquiridos de propriedades conhecidas, que mantenham programas de melhoramento genético e de controle sanitário rigoroso no rebanho. Além disso, os animais devem ser adaptados às condições da região e ao sistema de produção a ser empregado, além de apresentar bom padrão zootécnico.

Manejo animal

O manejo animal, além de complementar a importância das pastagens e da alimentação, é a ferramenta que deve ser utilizada pelo produtor para assegurar o bem-estar animal, a segurança do pessoal e o rastreamento e a certificação do produto final.

Para que o manejo reprodutivo, o manejo sanitário e o manejo nutricional sejam conduzidos eficientemente, há necessidade da identificação individual dos animais, de modo a permitir o registro das ocorrências e das práticas utilizadas. O produtor deve utilizar um sistema de identificação que permita verificar e comprovar, ao longo do tempo, as informações referentes ao animal, tais como brinco, tatuagem, marca a ferro candente ou *chips* eletrônicos, que garantam a individualidade do animal. Se for utilizada a marca a ferro candente, deve-se marcar apenas nos locais permitidos pela legislação e o tamanho da marca não pode exceder 11 cm de diâmetro.

As principais doenças que acometem o rebanho são controladas com a vacinação dos animais ou mediante o controle estratégico de endoparasitas e de ectoparasitas. O manejo sanitário deve ter como base a adoção de medidas preventivas de controle de doenças; o respeito ao calendário de imunização preventiva e obrigatória do rebanho contra a febre aftosa e, quando necessário, contra a brucelose e a raiva; o atendimento às recomendações do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose, que visam à proteção da saúde pública e à erradicação dessas enfermidades; a utilização de vacinas e de medicamentos aprovados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; e o atendimento às recomendações técnicas para aplicação, conservação e armazenamento de vacinas e de medicamentos.

A exploração comercial do sistema tem por objetivo a otimização da produção de carne por hectare e esse processo tem início com a produção de bezerras. Entre as diversas práticas de manejo reprodutivo, destacam-se: o controle preventivo das doenças relacionadas à reprodução, o exame andrológico dos touros, o estabelecimento de estação de monta, o diagnóstico de gestação e a adoção de práticas de desmama.

O controle preventivo de doenças, tais como brucelose, tricomoníase, campilobacteriose, leptospirose, rinotraqueíte infecciosa e diarreia viral bovina, deve ser elaborado, uma vez que elas podem comprometer o desempenho reprodutivo do rebanho, por impedirem a fecundação, causarem abortos ou produzirem bezerros com peso inferior à média.

Antes do início da estação de monta, o exame andrológico completo é altamente recomendável, pois o impacto da fertilidade do touro no desempenho reprodutivo de rebanho é muito maior do que o da vaca. A baixa fertilidade dos touros causa grandes prejuízos na produtividade do sistema, quando não diagnosticado precocemente.

O estabelecimento de estação de monta é uma decisão importante no manejo reprodutivo. Ela permite ajustar o período da gestação, cuja demanda nutricional é maior, com a época de maior oferta de alimentos de qualidade. A estação de monta facilita as demais atividades de manejo e deve ter duração de aproximadamente três meses. Quando ainda não estiver implantada, deve-se iniciar com duração maior e reduzir gradualmente até chegar ao período proposto. O diagnóstico de gestação é importante para a melhoria da eficiência reprodutiva, pois identifica precocemente as fêmeas que não ficaram prenhes durante a estação de monta.

A desmama tradicional é efetuada entre o sexto e o oitavo mês de vida do bezerro. Entretanto, outros métodos de desmama podem ser utilizados, visando garantir o desempenho reprodutivo das fêmeas, sem que haja prejuízo no desenvolvimento do bezerro.

Bem-estar animal

As demandas de mercado priorizam sistemas de produção que respeitam o bem-estar animal, do nascimento ao abate. Ao produtor isso pode parecer preocupação excessiva e dispendiosa, entretanto, os benefícios que essa mudança de atitude trará à rotina de trabalho serão surpreendentes (VALLE, 2006).

Para que as necessidades dos animais sejam atendidas, deve-se garantir o fornecimento de água, de alimentos e de espaço mínimo

para que possam manter suas atividades; disponibilizar sombra, tanto para os animais criados de forma extensiva, como para os animais manejados intensivamente, independentemente da idade ou da raça. Não deve ser esquecida a capacitação das pessoas que lidam com os animais, treinando-as e capacitando-as para que possam desempenhar adequadamente as suas funções no manejo dos animais.

O bem-estar animal também deve ser considerado no manejo pré-abate. Assim, o produtor deve agrupar os animais em lotes uniformes, com antecedência e de acordo com o sexo, a idade e o peso. O uso de agulhões, de choque elétrico, de cães, de paus e de objetos pontiagudos deve ser evitado. Os animais devem ser conduzidos sem agitação no embarque e no desembarque. O transporte dos animais deverá ser feito nos horários mais frescos do dia, respeitando a capacidade de lotação do caminhão, que deverá estar apto para o transporte de animais.

Função social

A função social, de acordo com o artigo 186 da Constituição Federal, é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos requisitos de: 1) aproveitamento racional e adequado, 2) utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente, 3) observância das disposições que regulam as relações de trabalho e 4) exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores (BRASIL, 1988a).

Segundo o art. 184 da Constituição, (BRASIL, 1988b):

“Compete à União desapropriar por interesse social, para fins de reforma agrária, o imóvel rural que não esteja cumprindo sua função social, mediante prévia e justa indenização em títulos da dívida agrária, com cláusula de preservação do valor real, resgatáveis no prazo de até vinte anos, a partir do segundo ano de sua emissão, e cuja utilização será definida em lei”.

Para que a propriedade seja considerada produtiva, ela deve ser explorada econômica e racionalmente, e atingir, simultaneamente, graus de utilização da terra e de eficiência na exploração, segundo índices fixados pelo órgão federal competente. O grau de utilização da terra deverá ser igual ou superior a 80% (oitenta por cento), calculado pela relação percentual entre a área efetivamente utilizada e a área aproveitável do imóvel. O grau de eficiência na exploração da terra deverá ser igual ou superior a 100% e será representado pela soma dos resultados obtidos em cada microrregião homogênea com a produção vegetal, dividindo-se a quantidade colhida de cada produto pelos respectivos índices de rendimento estabelecidos pelo órgão competente do Poder Executivo, e com a produção da exploração pecuária, resultado da divisão do número total de unidades animais do rebanho pelo índice de lotação estabelecido pelo órgão competente do Poder Executivo. Esse resultado, dividido pela área efetivamente utilizada e multiplicado por 100, determina o grau de eficiência na exploração (INCRA, 2003).

Gestão Social

A satisfação das pessoas envolvidas no manejo da propriedade, o seu bem-estar e o de sua família são fundamentais para manutenção da competitividade do sistema de produção. O indivíduo, nessa condição, passa a ocupar posição de destaque nos sistemas de produção (EUCLIDES FILHO et al., 2002). Para Valle (2006) as propriedades rurais são parte da sociedade em que estão inseridas e por isso os proprietários têm como responsabilidade atender às obrigações sociais e trabalhistas, além de observar o impacto que produzem sobre o bem-estar humano, o ambiente e a sociedade.

Assim, ao proprietário rural cabe respeitar a legislação trabalhista, que envolve manter todos os empregados registrados; especificar todos os acordos pactuados nos seus respectivos contratos; exigir o exame admissional e o exame demissional, para verificar as condições físicas e psíquicas do trabalhador, quando da contratação ou do desligamento, respectivamente; e fazer o recolhimento das obrigações legais, tais como as contribuições para a previdência social, para o fundo de garantia por tempo de serviço e para o sindicato da categoria.

Cabe ainda ao empregador respeitar as obrigações sociais, que incluem a garantia de frequência das crianças à escola e a orientação sobre noções básicas de higiene e de saúde ao empregado e sua família, além de lhes proporcionar condições para o acesso à saúde pública preventiva. O empregador deve ainda prover os empregados de moradias em boas condições de habitação, propiciar treinamentos periódicos para melhorar o desempenho de suas funções e o seu desenvolvimento pessoal, pagar salários que possibilitem satisfação e bem-estar ao empregado e à sua família e não utilizar mão-de-obra infantil.

Gestão econômica financeira

As transformações socioeconômicas, políticas, culturais e tecnológicas tornaram a atividade agropecuária mais complexa e exigiram que o produtor aperfeiçoasse suas habilidades gerenciais, de forma a assegurar o acerto nas decisões e a melhorar o desempenho econômico e financeiro do sistema produtivo. A gestão, o gerenciamento ou a administração podem ser divididos em quatro segmentos: planejamento, organização, condução e controle.

O planejamento consiste na definição dos objetivos, no estabelecimento das metas e nas ações voltadas para consecução desses objetivos e dessas metas. Os pontos básicos a serem considerados são: a previsão das receitas e das despesas, a programação e o cronograma dos investimentos e o estabelecimento dos calendários de manejo (alimentar, reprodutivo e sanitário).

A organização trata da distribuição e da ordem da rotina de trabalho, e do estabelecimento das relações entre funções do pessoal e dos fatores físicos.

A condução nada mais é do que a coordenação das ações por meio da emissão de ordens e de estratégias de motivação. Entre elas estão: a definição e a adequação do cronograma de serviços a serem realizados no ano pecuário, a cobrança das ações previstas e o atendimento das exigências legais, de ordem trabalhista, fiscal, sanitária e ambiental.

O controle diz respeito ao acompanhamento das atividades, mediante comparação das metas com os resultados obtidos e correção das falhas que porventura ocorram.

A eficiência administrativa demonstrada na racionalização dos fatores produtivos é de fundamental importância na maximização do lucro da atividade.

Gestão ambiental

No artigo primeiro da Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965, consta que:

“As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta lei estabelecem” (BRASIL, 1965).

O Código Florestal define área de preservação permanente como área coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade e o fluxo gênico de fauna e de flora, e de proteger o solo e de assegurar o bem-estar das populações humanas, e reserva legal como área localizada no interior da propriedade ou da posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e à reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e à proteção de fauna e de flora nativas. As florestas e outras formas de vegetação natural são consideradas como áreas de preservação permanente quando situadas:

- Ao longo de qualquer curso d'água. A área de preservação dependerá da largura curso d'água (Tabela 1).

- Ao redor de lagoas, de lagos ou de reservatórios d'água naturais ou artificiais.

- Nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for sua situação topográfica.
- No topo de morros, de montes, de montanhas e de serras.
- Nas encostas ou em parte delas, quando tiverem declividade superior a 45°, equivalente 100% na linha de maior declive.
- Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues.
- Nas bordas de tabuleiros ou de chapadas.
- Em altitude superior a 1.800 m, em campos nativos ou cultivados, em florestas nativas e em vegetações campestres.

Tabela 1. Largura mínima da faixa marginal de preservação permanente dos cursos d'água.

Largura do curso d'água (m)	Largura mínima da faixa marginal (m)
Até 10	30
10 a 50	50
50 a 200	100
200 a 600	200
> 600	500

Fonte: Código florestal (BRASIL, 1965).

As florestas e outras formas de vegetação nativa, ressalvadas as situadas em área de preservação permanente, assim como aquelas não sujeitas ao regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, no mínimo, a título de reserva legal, 80% na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal, 35% na propriedade rural situada em área de cerrado localizada na Amazônia Legal, sendo no mínimo 20% na propriedade e 15% na forma de compensação em outra área, desde que esteja localizada na mesma microbacia e que seja averbada, e 20% na propriedade rural situada em área de floresta ou de outras formas de vegetação

nativa e em área de campos gerais localizada nas demais regiões do País (Medida Provisória nº 2166-67 (BRASIL, 2001)).

O produtor, cuja propriedade não atenda aos requisitos citados anteriormente, deve adotar, isolada ou conjuntamente, medidas para recompor a reserva legal de sua propriedade mediante o plantio, a cada três anos, de no mínimo 10% da área total necessária à sua complementação, com espécies nativas, de acordo com critérios estabelecidos pelo órgão ambiental estadual competente, conduzir a regeneração natural da reserva legal e compensar a reserva legal por outra área equivalente em importância ecológica e extensão, desde que pertença ao mesmo ecossistema e esteja localizada na mesma microbacia, conforme critérios estabelecidos em regulamento.

Rastreabilidade

Rastrear é a forma de identificar e de informar os dados de um produto, desde a origem até o destino, por meio de registros. A rastreabilidade é um assunto que tem interferido seriamente no mercado internacional da carne. As exigências feitas pelos países importadores ao sistema produtivo não têm sido atendidas de forma rápida e consistente. Para atender a essas exigências, o produtor deve observar a Norma Operacional do Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos (SISBOV), estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Para mercados mais específicos, outras exigências são impostas e cabe ao produtor se sujeitar a elas para poder colocar o seu produto em tais lugares.

Avaliação da qualidade

A avaliação da qualidade da carcaça pode ser feita de forma quantitativa ou de forma qualitativa. Na forma quantitativa, avalia-se o rendimento de carcaça quente ou resfriada, o rendimento de cortes básicos, o rendimento de cortes comerciais, a composição física (proporção de músculo, de tecido adiposo e de ossos), a composição química (proporção de água, de proteína, de gordura e de minerais)

e a medição de espessura de gordura externa e área do olho de lombo.

Rendimento de carcaça

Entende-se por carcaça o animal abatido, sangrado, eviscerado e sem a cabeça, as patas, o rabo, a verga e os testículos (machos) ou a glândula mamaria (fêmeas). O rendimento da carcaça quente é medido pela relação entre o peso da carcaça e o peso vivo de abate, obtido antes desse evento, após jejum de alimentos e água. O rendimento da carcaça resfriada é medido pela relação entre o peso da carcaça resfriada, após permanência em câmara fria a 5°C por aproximadamente 24 horas, e o peso vivo de abate.

Rendimento de cortes básicos

A Figura 1 apresenta a subdivisão da meia-carcaça nos cortes primários.

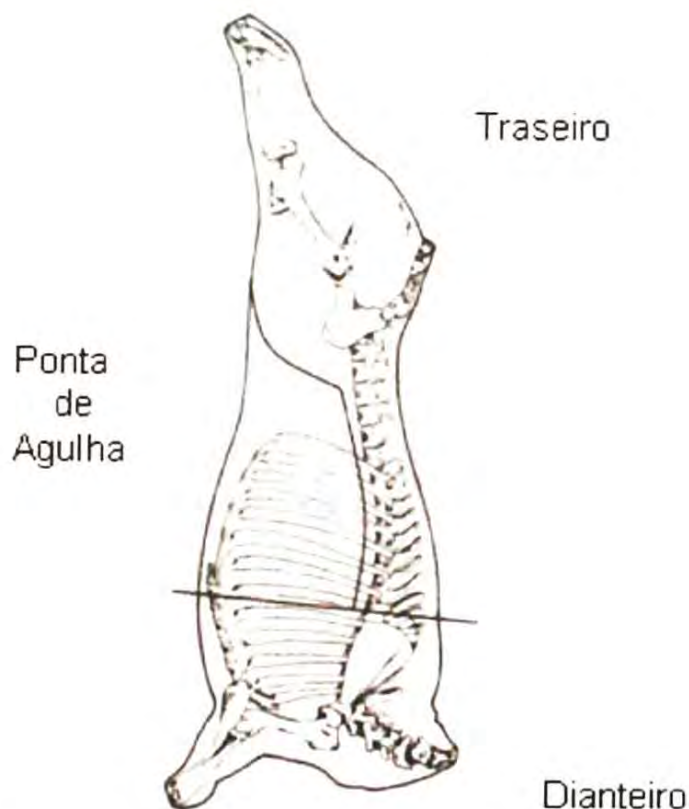
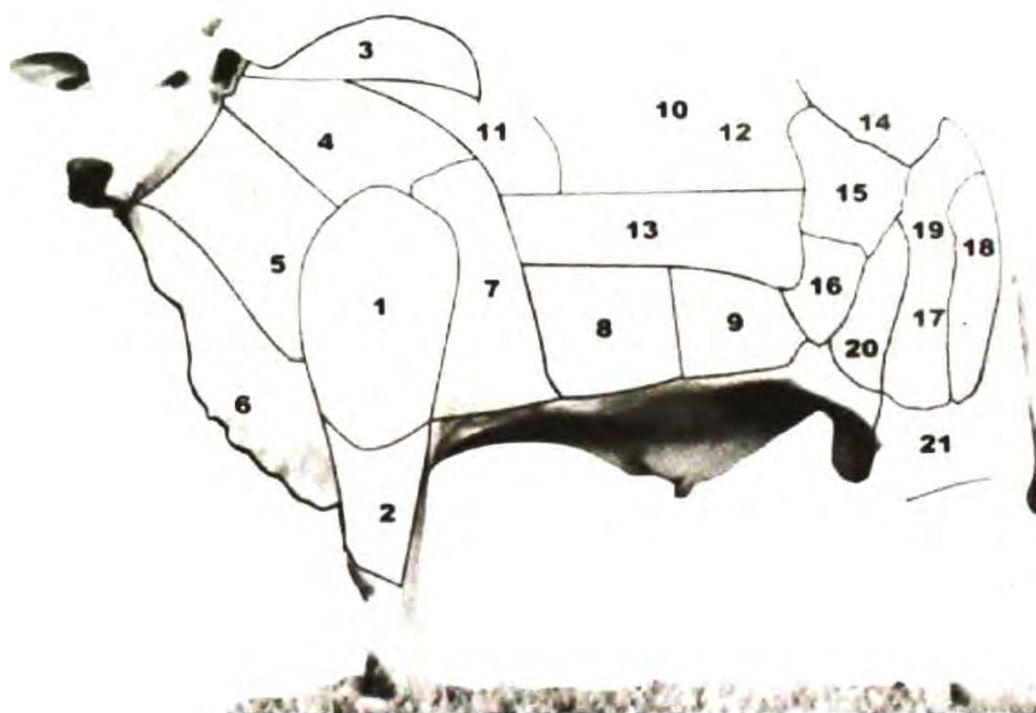


Fig. 1. Subdivisão da meia-carcaça nos cortes primários: traseiro, dianteiro e ponta de agulha (SCVCF, 1999).

Para o cálculo do rendimento de cortes básicos (traseiro, dianteiro e ponta de agulha), a meia-carcaça é separada em dianteiro e traseiro, entre a quinta e a sexta costela, com a incisão feita em igual distância das referidas costelas, alcançando as regiões esternal (peito) e da coluna vertebral, à altura do quinto espaço intervertebral. Do traseiro, à distância de 20 cm da coluna vertebral, é retirada a ponta de agulha ou costela, constituída das massas musculares que recobrem as oito últimas costelas, a última estérnebra, o apêndice xifóide e a região do vazio, resultando o traseiro especial. Os cortes são pesados para o cálculo de rendimento em relação à carcaça resfriada.

Rendimento dos cortes comerciais

O rendimento dos cortes comerciais é obtido após a desossa comercial, realizada segundo SCVCF (1999). A Figura 2 apresenta a posição dos cortes na carcaça.



- | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|----------------|
| 1. Paleta | 6. Peito | 11. Capa de filé | 16. Maminha |
| 2 e 21. Músculo | 7. Costela do dianteiro | 12. Filé mignon | 17. Coxão mole |
| 3. Cupim | 8. Costela do traseiro | 13. Aba de filé | 18. Lagarto |
| 4. Acém | 9. Fraldinha | 14. Picanha | 19. Coxão duro |
| 5. Pescoco | 10. Contrafilé | 15. Alcatra | 20. Patinho |

Fig. 2. Cortes da carcaça bovina (VALLE et al., 2004).

Nessa desossa, são separados do dianteiro os cortes denominados **raquete**, constituído da massa muscular situada na porção posterior da espinha escapular (fossa infra-espinhosa); **peixinho**, constituído da massa muscular situada na porção anterior da espinha da escápula (fossa supra-espinhosa), **coração da paleta**, constituído da massa muscular separada do peixinho, da raquete e dos demais músculos da paleta; **músculo do dianteiro**, constituído das massas musculares que envolvem o rádio e a ulna, compreendidas entre o coração da paleta e o carpo; **pescoço**, constituído das massas musculares compreendidas entre o acém e a face anterior do atlas; **cupim**, constituído das massas musculares situadas dorsalmente ao acém; **acém**, constituído das massas musculares situadas entre o pescoço e o filé da costela, limitando-se, em sua porção inferior, com o corte da costela do dianteiro; **costela do dianteiro**, constituída das massas musculares e das bases ósseas correspondentes às cinco primeiras costelas, limitando-se em sua porção superior com o acém e em sua porção inferior com o peito; e **peito**, constituído das massas musculares que recobrem o esterno e as cartilagens costais, limitando-se em sua porção superior com o corte denominado costela do dianteiro. Do traseiro especial, são separados os cortes denominados: **contrafilé**, constituído das massas musculares compreendidas entre o acém e a alcatra, após a retirada do filé *mignon* e a capa do filé; **filé mignon**, constituído das massas musculares aderidas à face ventral das três últimas vértebras torácicas e das seis lombares, do iliaco e do fêmur (terceiro trocanter); **capa do filé**, constituída das massas musculares sobrepostas ao contrafilé; **alcatra**, constituída das massas musculares compreendidas entre o lombo e o coxão, e dividida em maminha, picanha e coração da alcatra; **coxão mole**, constituído das massas musculares da face interna do coxão, separado do patinho, do lagarto e do coxão duro; **coxão duro**, constituído das massas musculares da face lateral do coxão, separado do lagarto; **lagarto**, constituído da massa muscular localizada entre o coxão duro e o coxão mole; **patinho**, constituído das massas musculares da face anterior do coxão separado do coxão mole, do coxão duro e da maminha da alcatra; e **músculo do traseiro**, constituído das massas musculares separadas do coxão duro e do coxão mole, aderidas à face posterior do joelho e das massas musculares da perna, separadas do patinho, que estão aderidas à tíbia e à fibula. Da ponta

de agulha são separados os cortes denominados **costela do traseiro** e **fralda**.

Composição física da carcaça

Para a determinação da composição física da carcaça (proporção de músculo, de tecido adiposo e de ossos), é feita a separação física destes componentes na amostra retirada entre a 10^a e a 12^a costela da meia-carcaça, conforme a técnica descrita por Hankins e Howe (1946). A secção H-H é obtida após separação da carcaça entre a 12^a e a 13^a costela, medindo-se a distância entre o ponto onde a vértebra foi seccionada e o início da cartilagem da 12^a costela; em seguida, define-se um ponto, localizado à distância da vértebra correspondente a 61,5% da referida medida, e traça-se uma linha perpendicular nesse ponto, encontrando outro ponto da interseção dessa linha com a circunferência externa da costela; daí, separa-se a parte dorsal da parte ventral, cortando-se as costelas nesse ponto; e finalmente separam-se a 9^a, a 10^a e a 11^a costela, cortando-se com a faca pressionada à face posterior da 8^a e da 11^a costela (HENRIQUE et al., 2003).

Composição química da carcaça (composição centesimal)

A determinação da composição química da carcaça (proporção de água, de proteína, de gordura e de cinzas) é obtida de uma amostra do músculo *longissimus*. O teor de água se obtém por meio de secagem em estufa a 105°C; o teor de proteína, por intermédio do método micro-Kjeldahl; o teor de extrato etéreo (gordura), com aparelho do tipo Soxhlet, em extração por 20h; e o teor de minerais (cinzas), pela queima da amostra em mufla a 600°C por 16h (ALLEONI et al., 1997).

Espessura de gordura externa e área do olho de lombo

A espessura de gordura de cobertura é importante, principalmente para proteção da carcaça durante o resfriamento. A área de olho de lombo representa a musculosidade da carcaça, ou seja, dá subsídios

sobre o rendimento de carnes da carcaça. Para a obtenção desses dados, na meia-carcaça é feito um corte transversal, entre a 12^a e a 13^a costela, de modo a expor o músculo *longissimus* para a medição da espessura de gordura, obtida no terceiro quarto da altura desse músculo a partir da coluna vertebral (Fig. 3), e o desenho do perímetro do músculo, em papel vegetal (Fig. 4), ou a medição por meio de uma régua de pontos. A medida da área desenhada no papel vegetal pode ser obtida com a utilização de um planímetro ou a utilização de um *software* apropriado.



Fig. 3. Medição da espessura de gordura externa.



Fig. 4. Desenho da área de olho de lombo.

Avaliação qualitativa da qualidade da carcaça.

A qualidade de uma carcaça também pode ser avaliada de forma qualitativa, quando se utilizam variáveis físico-químicas, tais como pH, capacidade de retenção de água, perda por cocção, textura e cor instrumentais, e quando se procede à análise sensorial.

Potencial hidrogeniônico (pH)

Para a medição do pH, geralmente são utilizados potenciômetros, com introdução dos eletrodos diretamente na carne (Fig. 5). O valor ideal de pH da carne, após o resfriamento, deve ser de 5,4 a 5,8. A queda do valor do pH, que no abate é por volta de 7, dependerá principalmente das condições do resfriamento e do nível de glicogênio muscular. O glicogênio presente na carne favorece a formação de ácido lático, que diminui o pH.



Fig. 5. Medição de pH.

Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água é definida como a habilidade da carne de reter parcial ou totalmente a água nela contida quando o músculo é submetido a forças externas (corte, moagem, pressão). A capacidade de retenção de água tem importante propriedade funcional, uma vez que influi no aspecto e na palatabilidade da carne

e está relacionada com as perdas de água durante o cozimento. Para a determinação da capacidade de retenção de água, $2,0 \pm 0,02$ g de amostra de carne são colocadas entre dois discos de papel-filtro, os quais são dispostos entre duas placas acrílicas; sobre estas é aplicado um cilindro de 10 kg por 5min (Fig. 6). A amostra resultante é pesada e por diferença é calculado a quantidade de água perdida e a porcentagem de água expulsa em relação ao peso da amostra inicial. A capacidade de retenção de água é expressa pela diferença entre 100 e a porcentagem de água perdida.



Fig. 6. Medição da capacidade de retenção de água na amostra de carne.

Textura (maciez)

A maciez é o parâmetro que mais contribui para a aceitação dos diferentes tipos de carne pelos consumidores, independentemente da idade, e pode ser definida como a facilidade de mastigar a carne, considerando-se as sensações de resistência à ruptura e à penetração e a presença de resíduos. A maciez da carne é influenciada por vários fatores. Entre os fatores de pré-abate, estão a localização e a função do músculo, o teor de tecido conjuntivo, a raça

e a idade do animal e o estresse pré-abate. A velocidade da queda de temperatura e de pH, o pH final, a atividade de enzimas, a estimulação elétrica da carcaça, a maturação e o modo de preparo do produto estão entre os fatores pós-abate.

A textura da carne pode ser medida em aparelhos, tais como texturômetros (Fig. 7), acoplados a uma lâmina do tipo Warner-Bratzler. Esses aparelhos medem a pressão necessária para que a lâmina seccione a porção do músculo. Essa pressão é denominada "força de cisalhamento".



Fig. 7. Medição da força de cisalhamento da carne por meio de texturômetro.

Cor

A cor da carne é o principal atributo que o consumidor julga antes de adquirir o produto. A cor da carne depende da concentração e da forma química da mioglobina. Na carne fresca, a mioglobina se encontra na forma reduzida, com a coloração vermelho-púrpura. Após a exposição ao oxigênio, ela se transforma em oximioglobina, com a coloração vermelho-brilhante.

A cor da carne pode ser medida por método objetivo, utilizando-se colorímetro (Fig. 8), no qual são avaliadas L^* (luminosidade), a^* [intensidade de vermelho – variação do verde (-) ao vermelho (+)] e b^* [intensidade de amarelo – variação do azul (-) ao amarelo (+)].



Fig. 8. Medição da cor da carne por meio de colorímetro.

Análise sensorial

A análise sensorial é a disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações de características dos alimentos e de materiais da forma como são percebidas pelos sentidos da visão, do olfato, do gosto, do tato e da audição (ABNT, 1993).

Na análise sensorial, feita por avaliadores treinados, em cabines apropriadas, normalmente são avaliados os atributos de maciez, de suculência, de sabor e de aroma. A maciez, um dos atributos mais importantes, é avaliada levando-se em conta a facilidade de penetração dos dentes na carne, a facilidade com que a carne se fragmenta e a quantidade de resíduos. Na suculência, são considerados a impressão de umidade durante as primeiras mordidas e o efeito estimulador da gordura na produção de saliva. O aroma é uma sensação complexa, que envolve uma combinação de odor, de sabor, de textura, de temperatura e de pH. Dessas

características, a mais importante é o odor. Na ausência de odor, predomina uma das quatro sensações degustativas primárias: amargo, doce, ácido ou salgado (NASSU e TULLIO, 2007). O sabor e o aroma são percebidos pela transformação de compostos hidrossolúveis e lipossolúveis. Compostos voláteis originários da gordura são responsáveis pelas características peculiares dos aromas das carnes bovinas. Esses atributos são influenciados pela idade e pelo sexo do animal, pela dieta, pelas mudanças durante a maturação e pelo processamento da carne.

Considerações finais

Ao produtor de carne cabe manter sua propriedade agroecologicamente sustentável, utilizando o ambiente corretamente, administrá-la de forma socialmente justa, tornando-a economicamente viável.

Aos profissionais das áreas de produção animal e de avaliação de alimentos cabe monitorar a qualidade da carne produzida, utilizando os procedimentos e métodos existentes, além de pesquisar novas metodologias que agilizem a busca aos resultados de forma mais rápida e mais precisa.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Análise sensorial de alimentos e bebidas**: NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8 p.
- ALLEONI, G. F.; BOIN, C.; LEME, P. R.; NARDON, R. F.; DEMARCHI, J. J. de A.; VIEIRA, P. de F.; TEDESCHI, L. O. Avaliação da composição química e física dos cortes da costela para estimar a composição química corporal de novilhos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 382-390, 1997.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988b. Art. 184. p. 125.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988a. Art. 186. p. 126.

BRASIL. **Código florestal**: Lei n. 4771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 18 abr. 2008.

BRASIL. **Medida Provisória 2166-67, de 24 de agosto de 2001**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm>. Acesso em: 18 abr. 2008.

CNPC – CONSELHO NACIONAL DA PECUÁRIA DE CORTE. **Balanco da pecuária bovina de corte**. São Paulo: CNPC, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpc.org.br/site/Balanco.xls>>. Acesso em: 18 abr. 2008.

EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V. P. B.; CORRÊA, E. S. **Boas práticas na produção de bovinos de corte**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2002. 25 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 129).

FELÍCIO, P. E. de. Sistemas de qualidade assegurada na cadeia de carne bovina: a experiência brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, Campinas. Carne: qualidade e segurança para os consumidores do novo milênio. **Anais...** Campinas: CTC, ITAL, 2001. p. 342-355.

FELÍCIO, P. E. de. Qualidade da carne bovina: características físicas e sensoriais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

GRANDIN, T. **Dr. Temple Grandin's Web Page**: Design of stockyards, lairages, corrals, races, chutes, and loading ramps. 2006. Disponível em: <<http://www.grandin.com/design/cad/cad.html>>. Acesso em: 30 abr. 2007.

HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. **Estimation of composition of beef carcasses and cuts**. Washington, D.C.: USDA, 1946. 20 p. (USDA. Technical Bulletin, 926).

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A. A. M.; LEME, P. R.; ALLEONI, G. F.; LANNA, D. P. D. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudes a partir da composição química e física das 9-10-11^a costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 709-718, 2003.

INCRA – INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Instrução Normativa n. 11, de 4 de abril de 2003**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em: 28 abr. 2007.

NASSU, R. T.; TULLIO, R. R. Qualidade da carne. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 18., 2007, São Carlos, SP. **Palestras...** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 1 CD-ROM.

SCVCF – SINDICATO DO COMÉRCIO VAREJISTA DE CARNES FRESCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sessenta anos de história e inovações**. São Caetano do Sul: RPM Editora, 1999. 208 p.

VALLE, E. R. do; FEIJÓ, G. L. D.; ALMEIDA, A. V. L. de, RAMOS, M. H. F.; BELCHIOR, P. T. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial**: processamento da carne bovina. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 44 p. (Embrapa Informação Tecnológica. Série Agronegócios).

VALLE, E. R. do. (Ed.). **Boas práticas agropecuárias**: Bovinos de corte. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. 82 p.

Reforma agrária e agroecologia em São Paulo

Manoel Baltasar Baptista da Costa

Introdução

No presente texto busca-se refletir sobre a realidade da Reforma Agrária em São Paulo, com base nos acúmulos e observações de um ano de trabalho na coordenação do Projeto *Da Microbacia ao Agricultor Familiar: uma releitura do agroecossistema*, que vem sendo conduzido em 3 assentamentos e 2 ocupações na região central do Estado de São Paulo¹. Tal trabalho é financiado pelo CNPq enquanto um Projeto de Extensão, envolve 20 estudantes de graduação e pós-graduação da UFSCar, ESALQ e UNESP-Rio Claro, 12 pesquisadores de tais instituições, e do Instituto Agrônomo-IAC, a quem está afeta a responsabilidade institucional pelo Projeto.

Entende-se a viabilização da reforma agrária, assim como a promoção da construção civil, como dos poucos segmentos da economia capazes de promover a inclusão social. E para que isso ocorra, é necessário serem colocados como prioridade política, com uma dotação orçamentária efetiva.

Expressivos contingentes populacionais estão sendo parcial ou totalmente excluídos do processo econômico com a globalização, a concentração da renda, do poder político e econômico. Com a redução do acesso ao emprego e à renda, parcelas expressivas da população estão tendo uma degradação de sua qualidade de vida, com muitos na miséria absoluta, e os problemas correlatos de droga, prostituição e marginalidade social. Outrossim, não se pode dissociar a violência urbana do agronegócio (da agroindústria), que,

¹ Nos municípios de Araraquara, Descalvado, Pradópolis e São Carlos.

modernizado (a) pela revolução verde, promoveu expressiva redução dos postos de trabalho no meio rural e acelerado êxodo rural.

Afora a devastação ambiental com o uso da mecanização e agroquímicos, agressivos ao ambiente e ao ser humano, setores agroindustriais estão promovendo no Brasil condições de trabalho aviltantes e inadmissíveis no século XXI.

Como exemplo, no corrente ano agrícola já morreram 21 trabalhadores rurais do setor sucroalcooleiro paulista por excesso de trabalho, setor em que as condições de trabalho estão piores do que na escravidão do período colonial; o escravo tinha uma vida útil de 20 anos, e o trabalhador volante da cana, apenas 12.

Há que se considerar também que a agricultura se constitui em um setor da economia crescentemente subordinado aos interesses das agroindústrias situadas antes e depois da produção: o complexo agroindustrial (DELGADO, 1985).

A título de ilustração, na economia norteamericana, enquanto em 1910 os agricultores ficavam com 40% do valor da safra agrícola no mercado varejista, em 1990 tal percentual estava reduzido a 8%. Aumentaram os ganhos do setor processador e comercializador de 40% para 52%, e os custos de produção, de 20% para 40% (SMITH, 1992).

Na Região Metropolitana de Curitiba, dos produtos mais expressivos nos 25 municípios que a compõem, em relação ao uso do solo, geração de ocupações e renda, entre 1973 e 2002, o preço pago ao agricultor teve a seguinte queda: pelo milho, 41%; pela batata, 30%; pelo feijão, 38%; pela mandioca, 25%; pela cebola, 15%. Quanto à relação fator-produto, em 2002 o agricultor necessitava de duas a três vezes mais produtos que em 1973 para adquirir uma unidade de insumo² (COSTA, 2004).

A dívida dos agricultores brasileiros monta hoje em R\$ 131,00 bilhões de reais, daí se avaliar como carente de maior

² *Levantou-se a evolução do preço de fertilizantes (nitrogenados, fosfatados e potássicos), do óleo diesel e manzate, um agrotóxico de uso corriqueiro no meio rural no período em referência.*

fundamentação a euforia com o agronegócio como um setor relevante na promoção do desenvolvimento do país, inclusive o discurso governamental sobre o etanol. Os agricultores do 3º. Mundo competem no mercado mundial de commodities com produtos subsidiados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em US\$ 360,0 bilhões/ano, praticamente 1 bilhão de dólares por dia.

É com base em tal cenário e conjuntura que se procede à presente reflexão sobre o processo da reforma agrária em São Paulo, quanto às suas principais características os problemas que afetam a produção e os produtores, a sustentabilidade do processo a médio e longo prazo, e questões que se avaliam como centrais ao processo em si, e às comunidades assentadas. As considerações a seguir contemplam também uma reflexão sobre enfoques e propostas que se avaliam como passíveis de contribuir para a superação ou a mitigação de alguns dos óbices atuais.

Assume-se a agroecologia como um campo da ciência cujo marco teórico conceitual, princípios e orientações podem contribuir na superação de vários impedimentos identificados em assentamentos da região central do Estado, sejam eles geridos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), sejam pelo Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP).

Origens e características da Reforma Agrária em São Paulo

As condicionantes e apoios que foram propiciados pelo governo do Estado de São Paulo ao processo da reforma agrária foram bastante favoráveis, se cotejado com iniciativas afins em outras regiões do País.

O processo iniciou-se no governo Franco Montoro, que, pressionado pelos conflitos sociais no campo, promoveu a reforma agrária em terras pertencentes a empresas e instituições públicas, notadamente a antiga Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA). À época foram elaboradas propostas e projetos que contaram com os recursos humanos e materiais necessários à sua implementação.

Outro período relevante no processo da reforma agrária em São Paulo foi o governo Mário Covas, que assumiu reaver as terras públicas do Pontal do Paranapanema para proceder a seu desmembramento, região que havia sido invadida por grandes grileiros.

Na esfera da União, foram tomadas algumas iniciativas de incorporar ao processo áreas reavidas na justiça, de grupos econômicos falidos e por outros tipos de contravenção. Tal processo evoluiu para a conjuntura atual, em que há cerca de 10.100 mil famílias assentadas, em 168 assentamentos, distribuídos por 67 municípios paulistas.

Nas áreas desapropriadas pelo governo estadual, a gestão do processo foi delegada à Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo José Gomes da Silva, que veio a suceder o Instituto de Assuntos Fundiários (IAF).

No âmbito federal, a gestão dos assentamentos coube ao INCRA, que só recentemente assumiu um processo incipiente de assessoria e assistência técnica aos assentamentos.

Outro aspecto importante no processo da reforma agrária paulista foi o fato de o Estado obedecer, no estabelecimento do tamanho dos lotes familiares, o que determina a lei sobre desmembramento de áreas rurais: o módulo rural.

Há que se considerar também que as terras destinadas à reforma agrária em São Paulo, em sua quase totalidade, apresentam de razoável a boa aptidão agrícola, proximidade de mercados consumidores, e disponibilidade de tecnologias desenvolvidas por universidades e instituições de pesquisa públicas.

Outra característica do processo da reforma agrária em São Paulo é que expressivo número de famílias assentadas tinha pouca experiência e familiaridade com as lides agrícolas, pois alguns eram oriundos do meio urbano e muitos eram trabalhadores volantes. Tal fato é distinto de muitas realidades do sul do País, em que o maior número de famílias assentadas era de origem rural, agricultores que haviam perdido suas terras no processo de modernização, contratação de crédito rural e inadimplência.

Quanto à opção tecnológica

Desde o governo Montoro, foi adotado no processo da reforma agrária paulista o padrão tecnológico da revolução verde, modelo capital intensivo e poupador de mão-de-obra, de duvidosa compatibilidade com a realidade ecológica e sócioeconômica das regiões tropicais e subtropicais.

Tal orientação era coerente com os paradigmas vigentes nos anos 80, quando ainda era incipiente a discussão sobre modelos de produção que propiciassem um padrão de agricultura sustentável.

As famílias assentadas geralmente receberam recursos para a construção de moradias e infra-estrutura básica a fundo perdido, créditos de custeio e investimentos produtivos a baixo custo, que poucos conseguiram quitar. Isso gerou um elevado percentual de inadimplência, aspecto hoje impeditivo de os agricultores tomarem novos créditos para investir em seus sistemas produtivos.

No caso do ITESP, o governo incumbiu o órgão da gestão das áreas reformadas e dotou-o de equipe técnica encarregada da assistência às famílias assentadas, segundo o padrão tecnológico convencional, na perspectiva de se integrarem às cadeias produtivas comandadas pelas agroindústrias processadoras de alimentos.

Uma parcela de assentados que seguiram à risca o modelo proposto pelo Estado encontrou sérias dificuldades econômicas, seja por problemas de eficiência produtiva, seja pelos baixos preços recebidos com a venda da produção.

Realidade produtiva

Os agroecossistemas dos assentamentos são usualmente orientados pelos pressupostos da revolução verde, com a mobilização intensiva do solo, o descaso com as práticas conservacionistas, o uso de agroquímicos, em função da renda dos cultivos praticados pelos agricultores, e ainda se observa esporadicamente o uso do fogo na erradicação das palhadas.

Nas áreas objeto da ação do Projeto, identifica-se por parte dos agricultores pouco domínio das técnicas que apontam para um manejo sustentável dos recursos naturais, por exemplo do plantio direto, manejo vegetativo do solo, adubação verde e orgânica, aporte de nutrientes de fontes com baixa concentração e solubilidade, dentre outras opções e orientações.

Os recursos naturais (solo, flora e água) estão submetidos a práticas, na maioria das situações, incompatíveis com os pressupostos da sustentabilidade, em relação à manutenção de seu potencial produtivo e conservação no tempo.

Há ocorrência de processos erosivos com a não-manutenção das obras de conservação dos solos, de assoreamento dos mananciais hídricos, de ausência ou precariedade da cobertura florestal, e de poucas áreas de preservação permanente e reserva legal. Estas, em muitas situações, não existem ou estão definidas em áreas sem ou com insuficiente cobertura florestal.

Aspecto também preocupante diz respeito à elevada evasão dos jovens para o meio urbano, poucos permanecendo na terra. As principais razões para isso, segundo eles, são o difícil convívio com os progenitores, o não-acesso ao trabalho e à renda, somados aos atrativos da cidade.

Aspectos sócioorganizacionais e relações institucionais

Constata-se, em certos grupos, grande animosidade nas relações interpessoais e de vizinhança, e grande desalento da comunidade assentada em relação à ação pública e sindical, principalmente em função de sua descontinuidade, abrangendo praticamente todas as instituições.

Até onde vão nossas constatações, e do que se depreende dos relatos dos agricultores, a equipe técnica do ITESP já esteve mais envolvida na assistência técnica e implementação de atividades e projetos produtivos, geralmente concebidos e fomentados pelo Estado, sem a participação dos agricultores. Na atualidade, os técnicos estão mais ocupados nas rotinas burocráticas e

administrativas da Fundação, sobrando pouco tempo à assessoria e assistência técnica aos agricultores.

Ainda em relação à ação institucional do ITESP, ela tem se caracterizado por alterações de orientações político-administrativas e ações nem sempre coerentes ou afins, com períodos em que as condições de trabalho e salários são insuficientes.

Quanto à ação institucional do INCRA, só recentemente se iniciou algum trabalho junto aos assentados, de forma ainda incipiente e precária.

Reflexões sobre orientações passíveis de contribuir para o aprimoramento do processo da reforma agrária em São Paulo

À luz da realidade e dos problemas identificados nos assentamentos em que se está atuando, avalia-se como necessário um repensar sobre algumas orientações e procedimentos vigentes por parte das instituições públicas, e, no âmbito dos agricultores, de suas organizações formais e informais.

Dentre alguns campos em que se considera relevante uma reformulação se incluem:

A orientação tecnológica

Entende-se que o padrão tecnológico da revolução verde, por seus impactos sociais e ambientais negativos, e elevada demanda de capital - este o recurso mais escasso na esfera dos agricultores - se caracteriza como uma opção inadequada ao segmento da agricultura familiar, assentada e tradicional.

Como alternativa a tal modelo, situa-se a agroecologia, orientação passível de melhor atender à realidade e às demandas da agricultura familiar, área do conhecimento que tem como foco central de preocupação a sustentabilidade, relevada em sua dimensão produtiva, ecológica, econômica, social e energética (COSTA, 2004). Trata-se de uma área do conhecimento agrônomo que trabalha na perspectiva de compatibilizar o processo produtivo com a

conservação dos recursos naturais, através da observância dos princípios ecológicos na condução dos agroecossistemas, segundo cada realidade edafoclimática e sócioeconômica.

A agroecologia pressupõe a busca da autonomia dos agroecossistemas via otimização do uso dos recursos endógenos, intensificação da diversificação e integração das atividades vegetais e animais, manejo da biodiversidade funcional na busca do equilíbrio biológico dos agroecossistemas, orientações essas que propiciam uma menor demanda de energia externa e gasto monetário.

Outro foco relevado na agroecologia diz respeito à opção pelos processos participativos e pela construção social do conhecimento, incluindo os atores direta ou indiretamente envolvidos com o processo; seja na leitura e no diagnóstico da realidade, seja na busca e identificação de alternativas de superação dos problemas que afetam a produção, os agricultores e as comunidades rurais. Enfatiza também os processos e relações voltadas ao espaço local e regional.

Entende-se que a consecução de iniciativas voltadas ao desenvolvimento local sustentável implica no envolvimento e participação dos atores sociais no processo de discussão, formulação e execução de projetos, em âmbito comunitário e produtivo.

Na esfera da agroecologia, está presente também a preocupação com a valorização da produção, o que perpassa a preocupação com o processamento da produção e a melhoria dos esquemas de comercialização, no âmbito dos agricultores e de suas organizações formais e informais.

Participação como elemento central

Questão histórica no processo de reforma agrária em São Paulo foi o Estado sempre providenciar os meios para os agricultores assentados realizarem sua produção. Todos os projetos e ações assumidas partem do Estado, viabilizados no âmbito técnico e diretivo, sendo comum a prática da facilitação e/ou doação de meios para a produção (sementes, preparo do solo).

O resultante é o agricultor não mais se preocupar com a preservação do germoplasma, não estar equipado mecanicamente, além de trabalhar de forma desorganizada, pois é orientado a executar projetos em cuja elaboração não participa, apesar das boas intenções de seus mentores.

Avalia-se que uma nova postura dos quadros técnicos deva ser a de assessorar processos alimentados e em curso no seio do tecido social, através de dinâmicas participativas, fazendo com que os agricultores reflitam sobre sua realidade e caminhos factíveis de serem perseguidos, na busca de melhores condições de renda e qualidade de vida.

São fundamentais no processo de fortalecimento da agricultura familiar a inclusão e a organização social e econômica dos agricultores, para a consecução do desenvolvimento rural sustentável em suas dimensões produtiva, ecológica, sociocultural, econômico-financeira e energética.

As dimensões da sustentabilidade

Questão central do processo da reforma agrária diz respeito à sua viabilização e manutenção no tempo, com a incorporação dos novos agricultores ao processo produtivo agrícola em condições de vida dignas, o que pressupõe a geração de ocupações e renda nos assentamentos, através de processos produtivos eficientes, que garantam a conservação dos recursos naturais que suportam a atividade agrícola, de forma sustentável.

Masera et al. (1999) defendem que a sustentabilidade seja definida a partir de cinco atributos gerais: produtividade, resiliência ou estabilidade, adaptabilidade, equidade, e auto-suficiência ou autonomia (Fig. 1). A produtividade relaciona-se às saídas do sistema em determinado espaço de tempo; a resiliência está associada à capacidade de o sistema se manter em uma dinâmica constante no tempo, na presença de repetidas restrições ecológicas e pressões socioeconômicas; a adaptabilidade diz respeito à compatibilidade do sistema com as condicionantes ecológicas e socioeconômicas em que está inserido; a equidade refere-se à forma

pela qual são apropriados os benefícios gerados a partir do sistema; e auto-suficiência ou autonomia é relativa ao grau de dependência do sistema de aportes externos em sua gestão e funcionamento.

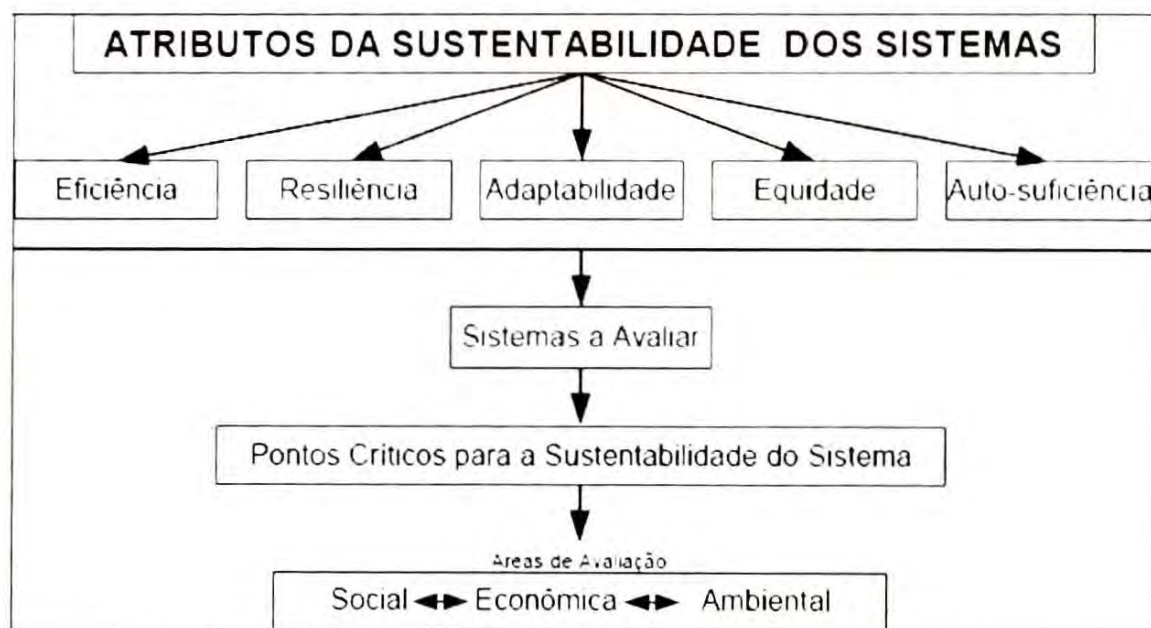


Fig. 1. Esquema geral do método MESMIS (adaptado de MASERA et al., 1999).

Com base em tais atributos, cabe serem monitorados os sistemas-foco de nosso interesse, identificando os aspectos favoráveis e os pontos críticos, nas esferas social, econômica e ambiental, assim como os processos, elementos e alternativas factíveis à superação. O MESMIS também pressupõe a adoção de processos participativos para a construção das propostas de trabalho com as comunidades.

Quanto a uma abordagem sistêmica e holística

O agricultor familiar está inserido em um processo complexo de cadeia produtiva, em que vários interesses estão em jogo. Sua inserção no mercado de insumos e produtos é pautada pelo padrão tecnológico convencional, que lhe cria necessidades crescentes a montante da produção e subordinação a jusante, aos segmentos comercial e industrial que operam de forma oligopolizada se apropriando de elevadas margens de lucro.

O agricultor é responsável pelo manejo de recursos naturais que precisam ser preservados no tempo, organizando seus agroecossistemas com maior ou menor diversidade e eficiência, a depender de sua cultura, valores, mercado, tipo de informação recebida.


Em âmbito produtivo, lhe é demandado o domínio na condução das atividades agrosilvipastoris, cuja viabilidade é, em larga medida, função de fatores externos, geralmente impeditivos de sua consolidação de forma sustentável.

Diante de tal complexidade, na análise e assessoria aos agricultores assentados no Estado de São Paulo se faz necessário adotar um enfoque sistêmico e holístico de leitura da realidade, conforme o expresso na Figura 2.

A abordagem sistêmica propicia o entendimento do funcionamento das unidades produtivas, permitindo correlacionar e analisar distintos campos, disciplinas e/ou variáveis envolvidas em determinado processo (HART, 1985).

Assim, com base nos princípios e conceitos da agroecologia pode-se planejar o manejo dos agroecossistemas na busca de sua sustentabilidade, e isso pressupõe a adequação da agricultura a cada realidade ecológica no tocante à estrutura dos sistemas produtivos, à biodiversidade, à orientação genética das distintas atividades produtivas vegetais e animais (COSTA, 2004).

A biodiversidade é estimulada no espaço e no tempo, no que se define com a biodiversidade funcional (ALTIERI e NICHOLLS, 2000). Afora os esquemas de rotação, consorciação, cultivos em faixas, a integração das explorações vegetais e animais, aqui se incluem os sistemas agroflorestais, na perspectiva da diminuição dos impactos ambientais, incremento da biodiversidade local e da diversidade produtiva, tornando a demanda por mão-de-obra mais bem distribuída no ano, promovendo fontes alternativas de renda e a verticalização do sistema produtivo.

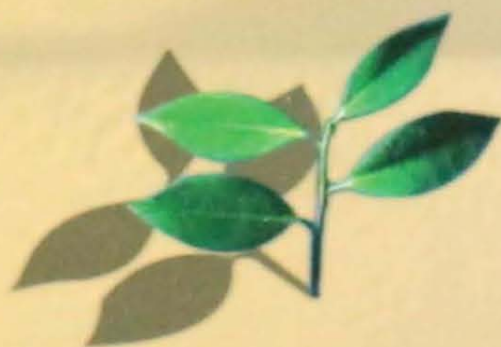


CARLOS MANOEL PEDRO VAZ
PAULO SÉRGIO DE PAULA HERRMANN JÚNIOR
WASHINGTON LUIZ DE BARROS MELO

EDITORES TÉCNICOS

VISÃO TECNOLÓGICA E SOCIAL PARA O AGRONEGÓCIO

CICLO DE COLÓQUIOS DA EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA-2007



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Visão Tecnológica e Social para o Agronegócio
Ciclo de Colóquios da Embrapa Instrumentação Agropecuária-2007

Editores Técnicos

Carlos Manoel Pedro Vaz
Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior
Washington Luiz de Barros Melo

Embrapa Instrumentação Agropecuária

São Carlos, SP

2008

Exemplares dessa publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Rua XV de novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 – São Carlos-SP
Fone: (16) 2107-2800
Fax: (16) 2107-2902
<http://www.cnpdia.embrapa.br>
e-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo,
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização Bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Capa: Alex Paixão e Valentim Monzane
Foto da capa: Valentim Monzane
Editoração eletrônica: Carlos Manoel Pedro Vaz e Valentim Monzane

1ª edição

1ª impressão (2008): tiragem: 150

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 Agropecuária

V822 Visão tecnológica e social para o agronegócio: ciclo de colóquios da Embrapa Instrumentação Agropecuária - editores técnicos Carlos Manoel Pedro Vaz, Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior, Washington Luiz de Barros Melo. - São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.
215 p

ISBN 978-85-86463-18-1

1. Biocombustível. 2. Pós-Colheita. 3. Alimentos - Qualidade. 4. Nanotecnologia. 5. Agricultura familiar. 6. Borracha. 7. Instrumentação. 8. Agronegócio. I. Vaz, Carlos Manoel Pedro. II. Herrmann Júnior, Paulo Sérgio de Paula. III. Melo, Washington Luiz de Barros.

CDD 21 ED 338.16
681.7

©Embrapa 2008

AUTORES

Carlos Manoel Pedro Vaz

Físico, D.Sc. em Ciências pela Universidade de São Paulo (CENA),
Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua XV de
novembro, 1452, CEP 13560-970, Cx. P. 741, São Carlos, SP,
vaz@cnpdia.embrapa.br

Celso Luiz Moretti

Engenheiro Agrônomo, D.Sc em Fitotecnia pela Universidade
Federal de Viçosa,
Pesquisador da Embrapa Hortaliças, Rodovia Brasília/Anápolis-BR
060, Km 09, CEP 70351-970, Cx. P. 218, Gama, DF,
moretti@cnph.embrapa.br

Leonora Mansur Mattos

Química, D.Sc em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal
de Lavras,
Pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Rodovia Brasília/Anápolis-BR
060, Km 09, CEP 70351-970, Cx. P. 218, Gama, DF,
leonora@cnph.embrapa.br

Fabiano Fruett

Engenheiro Elétrico, Ph.D em Instrumentação eletrônica pela Delft
University of Technology, Holanda,
Professor da Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein
400, DSIF, CEP 13083-970, Cx. P. 6101, Campinas, SP,
fabiano@dsif.fee.unicamp.br

Jacobus Willibrordus Swart

Engenheiro Elétrico, D.Sc. em Engenharia Elétrica pela Universidade
de São Paulo (POLI),
Professor da Universidade Estadual de Campinas e Diretor do Centro
de Pesquisa Renato Archer, Av. Albert Einstein 400, DSIF, CEP
13083-970, Cx. P. 6101, Campinas, SP,
jacobus@fee.unicamp.br

Jose Alexandre Diniz

Físico, D.Sc. em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas,

Professor da Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein 400, DSIF, CEP 13083-970, Cx. P. 6101, Campinas, SP,

diniz@led.unicamp.br

José Paulo Molin

Engenheiro Agrícola, Ph.D em Engenharia Agrícola pela Universidade de Nebraska, EUA,

Professor da Universidade de São Paulo, ESALQ, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900, Cx. P. 09, Piracicaba, SP,

jpmolin@esalq.usp.br

Manoel Baltasar Baptista da Costa

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná,

Professor da Universidade Federal de São Carlos, CCA, Rodovia Anhanguera, km 174, CEP 13600-970, Araras, SP,

baltasar@uol.com.br

Murilo Daniel de Mello Innocentini

Químico, D.Sc. em Doutorado em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos,

Professor da Universidade de Ribeirão Preto, Av. Costábile Romano, 2201, CEP 14096-900, Ribeirão Preto, SP,

muriloinnocentini@yahoo.com.br

Newton Cesário Frateschi

Físico, Ph.D em Engenharia Elétrica pela *University of Southern California*, EUA,

Professor da Universidade Estadual de Campinas, IFGW/DFA, CEP 13083-970, Cx. P. 6165, Campinas, SP,

fratesch@ifi.unicamp.br

Paulo de Souza Gonçalves

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade de São Paulo (ESALQ),

Pesquisador da Embrapa lotado no Instituto Agronômico de Campinas, IAC, Av. Barão de Itapura, 1481, CEP 13001-970, Campinas, SP,

paulog@iac.sp.gov.br

Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Engenheiro Eletrônico, D.Sc. em Físico-Química pela Universidade de São Paulo (IQSC),

Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua XV de novembro, 1452, CEP 13560-970, Cx. P. 741, São Carlos, SP,

herrmann@cnpdia.embrapa.br

Rymer Ramiz Tullio

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,

Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, km 234, CEP 13970-560, Cx. P. 339, São Carlos, SP,

rymer@cppse.embrapa.br

Silvio Crestana

Físico, D.Sc. em Física Aplicada pela Universidade de São Paulo (IFSC),

Pesquisador, Diretor Presidente da Embrapa, Av. W3 Norte, Parque Estação Biológica, CEP 70770-901 Cx. P. 040315, Brasília, DF,

presid@sede.embrapa.br

Stanislav Moshkalev

Físico, Ph.D. em Física e Química de Plasmas pelo Instituto de Física e Tecnologia da Academia de Ciências da Rússia,

Pesquisador do Centro de Componentes Semicondutores da Universidade Estadual de Campinas, R. Pândia Calógeras, 90, CEP 13083-870, Cx. P. 6061, Campinas, SP,

stanisla@ccs.unicamp.br

Steven A. Sargent

Engenheiro Agrônomo, Ph.D em Engenharia Agrícola pela
Universidade Estadual de Michigan, EUA,

Professor da Universidade da Flórida, Horticultural Sciences
Department, 1215 Fifield Hall, 32611-0690, Gainesville, FL, USA,
sargent@isgs.uiuc.edu

Ricardo Alamino Figueiredo

Médico Veterinário, D.Sc. em Medicina Veterinária pela Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita,

Pesquisador e Assessor da Diretoria Executiva da Embrapa, Av. W3
Norte, Parque Estação Biológica, CEP 70770-901Cx. P. 040315,
Brasília, DF,

ricardo.figueiredo@embrapa.br

Washington Luiz de Barros Melo

Físico, D.Sc. em Física Aplicada pela Universidade de São Paulo
(IFSC),

Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua XV de
novembro, 1452, CEP 13560-970, Cx. P. 741, São Carlos, SP,

washington@cnpdia.embrapa.br

APRESENTAÇÃO

O que será visto nessa obra é uma demonstração de que a parceria é uma forma muito eficiente e inteligente de unir esforços e competências para avaliar e propor ações para um problema, uma área ou um setor, podendo ser de natureza científica, econômica, política ou social, entre outras.

No ano de 2007, a Embrapa Instrumentação Agropecuária conseguiu reunir em sua sede um grupo de peso, o que possibilitou tratar de temas de instrumentação de importância fundamental para nossa atuação junto ao agronegócio. Tivemos a oportunidade de ter cientistas de renome, alguns sendo hoje, ou tendo sido no passado, diretores de instituições de pesquisa que apresentaram sua visão de presente e de futuro para essa área, em temas como as aplicações da nanotecnologia, a agricultura de precisão, a agroenergia, o papel da Embrapa para a agricultura tropical, a pós-colheita, a qualidade da carne, a reforma agrária no estado de São Paulo, a heveicultura e outras.

Os colóquios apresentados por esses cientistas foram, também, vistos na Internet, tendo recebido consultas on-line de fora da cidade e até fora do país. Foi um processo que ampliou a visão de nosso Centro, o que contribuiu para a construção de seu Plano Diretor para o período 2008-2011. A experiência foi muito positiva e agradecemos a todos que contribuíram para sua realização: os autores que se deslocaram de suas localidades e construíam espaço em suas agendas, além de prepararem seus textos, aos funcionários do nosso Centro e estudantes que apoiaram diversas atividades de suporte, aos colegas pesquisadores e, por fim, aos editores.

Álvaro Macedo da Silva

Chefe Geral

Embrapa Instrumentação Agropecuária

PREFÁCIO

O Brasil está se firmando cada vez mais como um dos maiores produtores de alimentos no mundo. A cada ano a safra cresce em grãos, hortaliças, frutas, carnes e leite. Isto não ocorre apenas por ter clima bom, grande área agricultável disponível, água e solo de razoável fertilidade, mas se deve também aos esforços de muitos pesquisadores nas universidades e nos centros de pesquisas espalhados pelo território nacional. Às empresas, aos agricultores e pecuaristas que acreditaram e aplicaram novas técnicas e tecnologias, hoje contribuindo para tal crescimento ano a anos.

Contribuindo intensamente para a construção desse campo produtivo se encontra a Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - com todos os seus Centros de pesquisas de produtos, temáticos e ecorregionais lotados em vários pontos do país, transformando conhecimentos em técnicas e tecnologias para o campo, tanto na agricultura de pequena como na grande escala e na pecuária.

Pensando em agrupar assuntos dos mais variados dentro deste universo de competências, de problemas e soluções, é que a Embrapa Instrumentação Agropecuária, em um momento de reflexão sobre o presente e o futuro da Unidade, do País e do Mundo, criou um ciclo de colóquio. O "I Ciclo de Colóquio da Embrapa Instrumentação Agropecuária" ocorreu durante os meses de agosto a dezembro de 2007, tendo como foco as atuais demandas, pesquisas e tecnologias.

Durante os quatro meses, treze autores conceituados de diversos centros de pesquisas e universidades apresentaram seus temas com autoridade de conhecimento de forma motivadora, clara e didática. Os temas enfocaram as novas tendências e as necessidades de ampliar as pesquisas na agricultura de precisão, no meio ambiente, na revolução climática, na inovação tecnológica, na qualidade dos alimentos e sua conservação, nas técnicas em micro e nanoeletrônica, nos combustíveis renováveis, nas ações sociais para o homem do campo, entre outros. Tudo isto condensado nesta obra, que não tem a pretensão de ser exaustivo e conclusivo, mas que trás a visão experiente e atualizada de especialistas de cada área. Ela é composta de nove capítulos sendo oito deles fornecidos pelos próprios autores e seus colaboradores dentro de suas áreas de competências, e mais um capítulo de autoria dos editores que

apresenta uma discussão dos temas e as possibilidades futuras de pesquisas na Embrapa Instrumentação Agropecuária. Com o título de Visão Tecnológica e Social para o Agronegócio esta obra não fecha assuntos, mas pode servir de base às novas pesquisas e de incentivos àqueles que desejam se iniciar nesses temas ou para decidir por um futuro mais consciente.

O leitor encontrará textos objetivos, informativos, direcionados a todos que se interessam por novidades e pelas mudanças que estão ocorrendo no setor. É uma visão geral de tópicos de grande importância econômica, tecnológica e social tanto para o País como para o Mundo.

Assim, este compêndio de informações deve estimular a curiosidade do leitor e direcioná-lo na busca de soluções para o agronegócio. Que cada vez mais penetre nesse universo da agricultura, da biologia, da física e da química, da eletrônica e do nanomundo da matéria, pois estes lhes reservam surpresas e encantamento pela Natureza.

Os Editores

SUMÁRIO

Capítulo 1

O Ciclo de Colóquios e as estratégias de futuro da Embrapa Instrumentação Agropecuária	17
---	-----------

Carlos Manoel Pedro Vaz, Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior, Washington Luiz de Barros Melo

Introdução	17
Programação do Ciclo de Colóquios	20
Relação entre os temas abordados nos colóquios e possibilidades futuras de pesquisas	34
Referências	37

Capítulo 2

Nanotecnologia em semicondutores	41
---	-----------

Jacobus Willibrordus Swart, Jose Alexandre Diniz, Newton Cesario Frateschi, Fabiano Fruett, Stanislav Moshkalev

Introdução	41
Circuitos Integrados	44
Novos Dispositivos	47
MEMS e NEMS	52
Optoeletrônica	55
Conclusões	59
Referências	59

Capítulo 3

Agricultura de precisão e oportunidades para a automação das decisões	63
--	-----------

José Paulo Molin

Agricultura de precisão e as suas demandas	63
--	----

Oportunidades para a automação	66
Referências	75

Capítulo 4

Desafios no desenvolvimento de tecnologia para a produção de biodiesel no Brasil **83**

Murilo Daniel de Mello Innocentini

Introdução	83
A química do biodiesel	85
Etapas do processo de produção de biodiesel	87
Desafios na produção industrial de biodiesel	89
<i>Necessidade de refino do óleo ou gordura</i>	90
<i>Composição química de triglicerídeos em óleos e gordura....</i>	92
<i>Tipo de álcool usado na transesterificação</i>	95
<i>Separação de fases glicerina e biodiesel</i>	97
<i>Lavagem do biodiesel</i>	99
<i>Produção de biodiesel a partir de óleos alimentícios usados .</i>	100
<i>Aproveitamento do glicerol resultante do processo</i>	101
Conclusões	102
Referências	103

Capítulo 5

Contribuições tecnológicas da Embrapa para a agricultura tropical: Conquistas, futuros desafios e oportunidades **107**

Silvio Crestana, Ricardo Alamino Figueiredo

A tecnologia no passado e no presente	107
A construção do conhecimento em agricultura tropical no Brasil e seus impactos.....	108

Revitalização das instituições brasileiras de C&T para um novo ciclo de agricultura	113
Desafios e oportunidades para a inovação e para investimentos e gestão em C&T no Brasil	117
Considerações finais	128
Agradecimentos	128

Capítulo 6

Manuseio pós-colheita e rastreabilidade de frutas e hortaliças 131

Celso Luiz Moretti, Steven A. Sargent, Leonora Mansur Mattos

Aspectos gerais do manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças ..	131
<i>Introdução</i>	131
<i>Recepção e operações na casa de embalagem</i>	132
<i>Transporte</i>	141
Frutas e hortaliças como alimentos funcionais	141
Produção segura de frutas e hortaliças e rastreabilidade	143
Literatura consultada	148

Capítulo 7

Carne bovina - produção e avaliação da qualidade 153

Rymer Ramiz Tullio

Introdução	153
Produção	154
Área	154
Instalações rurais	155
Pastagens	156
Alimentação	158
Animais	159
Manejo animal	160

Bem-estar animal	161
Função social	162
Gestão social	163
Gestão econômica financeira	164
Gestão ambiental	165
Rastreabilidade	167
Avaliação da qualidade	167
<i>Rendimento de carcaça</i>	168
<i>Rendimento de cortes básicos</i>	168
<i>Rendimento dos cortes comerciais</i>	169
<i>Composição física da carcaça</i>	171
<i>Composição química da carcaça (composição centesimal)</i> ...	171
<i>Espessura de gordura externa e área do olho de lombo</i>	171
<i>Avaliação quantitativa da qualidade da carcaça</i>	173
<i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i>	173
<i>Capacidade de retenção de água</i>	173
<i>Textura (maciez)</i>	174
<i>Cor</i>	175
<i>Análise sensorial</i>	176
Considerações finais	177
Referências	159

Capítulo 8

Reforma agrária e agroecologia em São Paulo 181

Manoel Baltasar Baptista da Costa

Introdução	181
Origens e características da reforma agrária em São Paulo	183
Quanto à opção tecnológica	185
Realidade produtiva	185

Aspectos sócio-organizacionais e relações institucionais	186
Reflexões sobre orientações passíveis de contribuir para o aprimoramento do processo da reforma agrária em São Paulo	187
<i>A orientação tecnológica</i>	187
<i>Participação como elemento central</i>	188
<i>As dimensões da sustentabilidade</i>	189
<i>Quanto a uma abordagem sistêmica e holística</i>	190
<i>Gestão dos recursos naturais por microbacias hidrográficas</i> .	192
<i>Sobre a base genética dos agroecossistemas</i>	193
<i>Quanto à geração de ocupações e renda</i>	194
Referências	196

Capítulo 9

A heveicultura no contexto global **197**

Paulo de Souza Gonçalves

Introdução	197
O gênero	198
A <i>Hevea</i> chega à Ásia	201
Primeiros avanços tecnológicos	202
Produção e consumo	204
<i>Mundial</i>	204
<i>Brasil</i>	205
A seringueira no Estado de São Paulo	207
Considerações gerais sobre clones para plantio	208
Recomendações de clones para plantio	209
Perspectivas do futuro da seringueira	212
Referências	213

O Ciclo de Colóquios e as estratégias de futuro da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Carlos Manoel Pedro Vaz

Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

Washington Luiz de Barros Melo

Introdução

Com uma visão estratégica e prospectiva para a pesquisa em importantes temas tecnológicos e sociais na agropecuária, elaboramos um rol de palestras e de pesquisadores de centros universitários e de pesquisas da mais alta envergadura nacional. Os temas abordados são de grande relevância no cenário nacional e internacional, envolvendo a busca do conhecimento e soluções de problemas globais, como alimentação, energia e meio ambiente. Eles estão associados ao desenvolvimento de tecnologias de pequena e grande escala, em curto, médio e em longo prazo, para se chegar ao objetivo comum, que é a manutenção da vida e evolução dos seres.

Essa visão foi dividida em seis grandes temas: (i) desenvolvimento em micro e nanotecnologia e sensores; (ii) energia e combustíveis renováveis; (iii) alimentos: qualidade, manejo e conservação; (iv) mudanças climáticas; (v) relações sociais da agricultura e reforma agrária; (vi) a função de Embrapa no âmbito mundial. Com esse seis temas se delineou o Ciclo de Colóquios da Embrapa Instrumentação.

Em meados do século XX, a eletrônica tomou grande impulso com o advento da tecnologia dos circuitos em semicondutores cada vez miniaturizados. Já no começo do XXI, desponta uma nova ordem de tecnologia em escala nanométrica com potencialidades de aplicação em diversas áreas da ciência, inclusive a agropecuária. Com isso, uma nova geração de sensores passa a ser viável, bem como o

desenvolvimento e aplicação de novos materiais, processos e sistemas.

Os materiais fósseis têm tempo contado, já que não são renováveis numa curta escala de tempo. O seu uso em larga escala, seja como geradores de energia, seja em produtos químicos, produz grandes volumes de gases e sólidos como fontes poluidoras. Novas alternativas para a geração de combustíveis tornam-se urgentes, incluindo o domínio dos processos produtivos de obtenção da matéria-prima ao produto final. Atualmente, a busca do conhecimento e dos processos de produção de combustíveis renováveis é muito intensa no mundo todo, cabendo ao Brasil um papel importante e fundamental nessa ação. Um grande volume de pesquisa está sendo demandado, seja em melhoramento genético de plantas, seja em metodologias de produção e equipamentos, visando o aumento da eficiência do processo e a qualidade final do produto.

Por outro lado, a demanda mundial por alimentos tem crescido devido ao aumento da população e ao enriquecimento dos países emergentes. A qualidade, o manejo e conservação são itens que assumem um grau de exigência cada vez maior nos mercados internacionais visando o bem-estar do consumidor e preços mais acessíveis, trazendo a necessidade do controle, rastreabilidade e responsabilidade social das áreas produtoras.

O avanço da agricultura e os aumentos das emissões de gases advindos dos combustíveis fósseis contribuem para uma mudança atmosférica que influencia direta ou indiretamente no clima regional e global. A necessidade de conhecermos os mecanismos e as conseqüências dessas alterações é de fundamental importância para procurar minimizar as causas e efeitos das mudanças climáticas.

Neste contexto, a Embrapa surge como parceira no desenvolvimento tecnológico do país, buscando meios para conquistar e inserir novos conhecimentos, novas metodologias e tecnologias através de pesquisas em áreas de grande apelo econômico e social.

A Embrapa Instrumentação Agropecuária vem contribuindo com suas pesquisas em novos materiais seja em borrachas naturais, em sensores poliméricos à base de polímeros condutores, seja na

detecção de doenças em plantas, em qualidade e quantidade de alimentos, em agricultura de precisão através de sensoriamentos eletrônicos de áreas irrigadas, sejam na análise de imagens ópticas e tomográficas de áreas plantadas e seus constituintes do solo, em análise de solos quanto a retenção de água, na aplicação de novos conceitos de colheita, qualidade da matéria orgânica e seqüestro de carbono, aproveitamento de resíduos prejudiciais ao meio ambiente para fins mais nobres, em nanotecnologias na aplicação ambiental e de sensores. Além de tudo isso, desenvolve novas rotas de produção de biocombustíveis e metodologias de análise de qualidades e apoia pequenos agricultores através da técnica de saneamento básico com o uso da fossa séptica biodigestora por todo o território nacional e ferramental para a colheita extrativista na região amazônica.

A visão multidisciplinar da Embrapa Instrumentação está formada pela ampla gama do seu corpo de pesquisadores constituído de físicos, químicos, engenheiros eletrônicos, mecânicos, de materiais, agrônomos, biólogos, farmacêuticos e de apoio técnico. Todos contribuindo para o desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias em favor do homem do campo e da sociedade em geral.

No intuito de melhor servir à comunidade e à sociedade brasileira, a formulação de um conjunto de palestras na forma de colóquios iterativos foi planejada neste Ciclo de Colóquios para atender aos anseios da comunidade de pesquisa e ampliar os horizontes nos fatos e necessidades que envolvem a agropecuária brasileira.

Neste ano em que a Embrapa Instrumentação Agropecuária elabora seu IV Plano Diretor (PDU), o Ciclo de Colóquios colabora também para o levantamento de demandas de pesquisa e de cenários e tendências do setor agropecuário brasileiro e mundial. O Ciclo foi formatado em um modelo com 13 colóquios apresentados por pesquisadores e professores universitários especialistas em áreas de interesse da Unidade. Cada colóquio consistia em uma apresentação de até 50 minutos, seguido de debate e discussões com os participantes presenciais ou pela internet, visto que os colóquios foram também transmitidos ao vivo pelo site da Unidade¹.

¹ www.cnpdia.embrapa.br

Programação do Ciclo de Colóquios

Os temas e palestrantes foram selecionados pelos organizadores após consulta aos pesquisadores da Unidade, tentando atender à maioria das áreas de interesse e atuação da Embrapa Instrumentação Agropecuária, conforme estabelecido na sua missão e metas do III PDU (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2005), bem como a novas áreas emergentes e estratégicas. A programação do ciclo de colóquios 2007, com os temas e áreas selecionadas e palestrantes, é apresentada na Tabela 1, e os Quadros de 1 a 13, a seguir, apresentam os cartazes de divulgação dos colóquios contendo os resumos de cada apresentação.

Tabela 1. Programação do Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária.

Data	Palestrante	Tema/Área	Instituição
09.08.2007	José Antonio Brum	Nanotecnologia	LNLS
16.08.2007	José Paulo Molin	Agricultura de precisão	USP/ESALQ
23.08.2007	Oswaldo N. de Oliveira Jr.	Sensores poliméricos	USP/IFSC
30.08.2007	Murilo D. de M. Innocentini	Agroenergia	UNIP
06.09.2007	Silvio Crestana	PD&I em agricultura	EMBRAPA Sede
13.09.2007	Celso Luiz Moretti	Pós-colheita	EMBRAPA/CNPH
20.09.2007	Eliane Aparecida Benato	Qualidade de frutas	ITAL
27.09.2007	Rymer Ramiz Tullio	Qualidade de carnes	EMBRAPA/CPPSe
04.10.2007	Manoel B. B. da Costa	Agroecologia	UFSCar
11.10.2007	Jacobus W. Swart	Micro e nanoeletrônica	CENPRA
18.10.2007	Roberto Lutufo	Inovação tecnológica	UNICAMP
26.10.2007	Carlos Clemente Cerri	Mudanças climáticas	USP/CENA
05.11.2007	Paulo de Souza Gonçalves	Heveicultura	IAC/EMBRAPA

Quadro 1. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 09.08.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

O LNLS e a Nanociência&Nanotecnologia: Aplicações e Oportunidades

• *Dr. José Antonio Brum, Diretor do LNLS*

O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron opera a única fonte de luz síncrotron da América Latina e a primeira a entrar em operação no Hemisfério Sul. Associado a ela, encontram-se instalados no LNLS vários laboratórios na área de nanociência&nanotecnologia e de biotecnologia. Neste Colóquio serão discutidas as técnicas experimentais existentes no LNLS e o papel delas na pesquisa em nanociência e nanotecnologia. Será dado ênfase à complementaridade destas técnicas ilustrando através de exemplos de aplicações científicas e tecnológicas. A estratégia de atuação do LNLS como laboratório nacional e sua interação com o setor industrial será apresentada. Finalmente, o papel da cooperação internacional no desenvolvimento desta área será discutido.

Data: 09.08.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

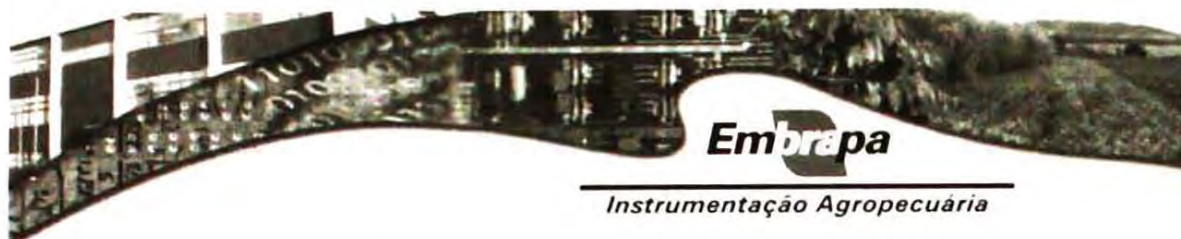
Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 2. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 16.08.2007



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Agricultura de precisão e oportunidades para a automação das decisões

• *Prof. Dr. José P. Molin, ESALQ/USP*

A agricultura de precisão (AP) tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre um só – utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e se possível tirar proveito dessas desuniformidades. AP pode ser feita em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos. Hoje as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada, mas não podemos esquecer que AP é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos seus aspectos. Dentro do tema relativo ao tratamento localizado das lavouras, a grande demanda passa a ser a disponibilização de sensores de campo para a espacialização dos fatores que interessam no entendimento da variabilidade espacial das lavouras. Nesse sentido, o desafio é a geração de soluções para uso em tempo real, ou seja, a automação das decisões sobre intervenções e aplicação de insumos. Também podem ser inseridos nesse contexto inúmeros outros aspectos, de alguma forma conectados ao tema AP. Como exemplo podem ser citados os sistemas de orientação e de esterçamento automatizado de veículos com auxílio de GPS. Dentro desse contexto há uma ampla variação de opções e possibilidades que a agricultura brasileira já demanda e que necessitarão de esforço conjunto de vários setores para serem adequadamente oferecidos.

Data: 16.08.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

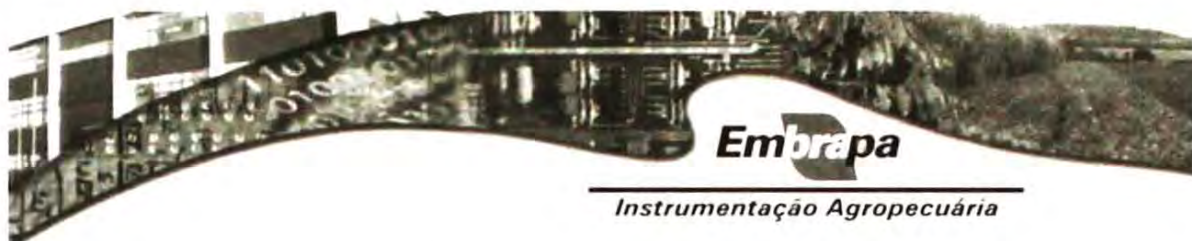
Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 3. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 23.08.2007.



Ciclo de Colóquios 2007
da Embrapa Instrumentação Agropecuária
Controle Molecular em Filmes Nanoestruturados e
suas Aplicações

Sensores e Biossensores

• *Dr. Osvaldo Novais de Oliveira Jr.*

O controle molecular das propriedades de materiais nanoestruturados vem permitindo produzir dispositivos cada vez mais sofisticados. No que tange a sensores, sabe-se hoje que a sensibilidade pode ser aumentada consideravelmente se as unidades sensoriais forem compostas por filmes ultrafinos. Quando se empregam medidas elétricas, em particular, a alta sensibilidade está associada a efeitos de interface, como é o caso da língua eletrônica. Nesta palestra serão apresentadas as técnicas mais empregadas para fabricar filmes orgânicos nanoestruturados, e suas aplicações para vários sensores. Merecerá destaque a possibilidade de usar unidades sensoriais com capacidade de reconhecimento molecular, principalmente para biossensores. O reconhecimento molecular permite não só maior sensibilidade, mas também confere seletividade aos sensores. Por fim, serão discutidas abordagens de tratamento de dados, especialmente aqueles que exploram técnicas de aprendizado de máquina e visualização de informações, em que o objetivo é correlacionar as medidas elétricas com indicadores de qualidade das substâncias analisadas pelos sensores.

Data: 23.08.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas

Quadro 4. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 30.08.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Desafios no Desenvolvimento de Tecnologia para Produção de Biodiesel no Brasil

• ***Prof. Dr. Murilo Daniel M. Innocentini***

O crescente interesse pela produção viável de combustíveis provenientes de matérias-primas renováveis tem incentivado estudos técnicos que forneçam tecnologia acessível a produtores em pequena e grande escala. Particularmente no caso do biodiesel, que provém da reação entre óleos vegetais ou gorduras animais com metanol ou etanol, a possibilidade de rápida disseminação da produção baseada nas características agropecuárias de cada região do Brasil tem se tornado real. O uso de óleos comestíveis usados, até então aproveitados apenas na produção artesanal de sabão ou mesmo descartados na rede de esgoto ou rios, também tem sido promissor na produção de biodiesel. Neste trabalho, uma revisão do processo de produção de biodiesel é apresentada, com destaque para as dificuldades tecnológicas em cada etapa de processamento e caracterização. A perspectiva de uso de fontes de matérias-primas alternativas e regionais é discutida, bem como a possibilidade de implementação de plantas produtoras de biodiesel em cidades, cooperativas ou pequenas comunidades agrícolas.

Data: 30.08.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

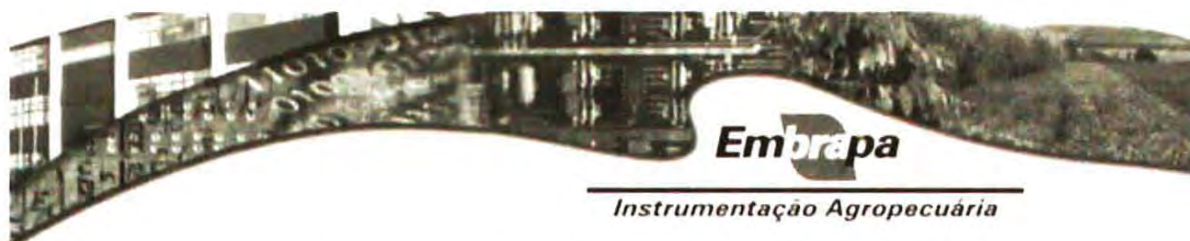
Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 5. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 06.09.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Contribuições Tecnológicas da Embrapa para a Pesquisa Tropical

• ***Dr. Sílvio Crestana, Diretor Presidente da Embrapa***

Muita coisa mudou nos últimos 30 a 40 anos no país. Nas três últimas décadas, por exemplo, o Brasil (cientistas e equipes, especialistas em políticas públicas e em desenvolvimento institucional, produtores e consumidores) tem se dedicado a construir e a consolidar a moderna agricultura tropical. Para colaborar nesta árdua tarefa e assim contribuir para alavancar o desenvolvimento do país, é que a Embrapa foi criada em 1972.

O progresso da agricultura que se fez possível até em áreas onde o desenvolvimento era considerado improvável, como a viabilização da agropecuária do Cerrado, pode ser explicado por uma receita que aliou o uso de tecnologias, o correto manejo dos recursos naturais tropicais, a atuação de instituições de pesquisa e fomento e políticas governamentais que favoreceram o desenvolvimento rural, incluindo o melhor acesso aos mercados. Pelo conhecimento da agricultura tropical, pudemos desenvolver tecnologias de plantio direto, fixação de nitrogênio, controle biológico, entre outras e, pudemos alcançar as atuais condições para produção de plantas e animais tropicais, soja, frutas tropicais e temperadas adaptadas, gado zebuino, fibras e madeira (algodão e eucalyptus), cana de açúcar, etanol, etc. Foi implementada uma produção estável de alimentos, fibras e outras matérias-primas nas diferentes regiões brasileiras a ponto de abastecer o mercado interno, apoiar o crescimento da agroindústria, colaborar na contenção da inflação e oferecer excedentes para a exportação. Isto contribuiu não só para o pagamento de nossas dívidas externas, como ajudou a financiar o desenvolvimento nacional e a colocar o país em uma posição de liderança mundial em produção agrícola tropical. No entanto, para a continuidade do desenvolvimento dessa agricultura de alimentos, fibras e energia, novos desafios, ainda maiores e mais complexos se apresentam. São necessários para este grande empenho a organização dos atores envolvidos, gestão, investimentos e arranjos institucionais públicos e privados que possibilitem atender às atuais e futuras demandas de nosso crescimento (econômico, social, ambiental, de redução das desigualdades regionais e da inserção do país na comunidade global).

Data: 06.09.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 6. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 13.09.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Manuseio Pós-Colheita e Rastreabilidade de Frutas e Hortaliças

• ***Dr. Celso Luiz Moretti, Embrapa Hortaliças***

O aumento da competitividade nas diferentes cadeias agroindustriais, tanto no mercado doméstico quanto internacional, tem forçado produtores e empresários rurais a buscarem produtos com maior qualidade e de maior valor agregado, sem perderem de vista a segurança e a rastreabilidade. A ciência e a tecnologia de pós-colheita têm auxiliado de forma significativa esses indivíduos, possibilitando o uso racional de insumos, maior rentabilidade, menores perdas e, conseqüentemente, mais divisas para o país. O manuseio pós-colheita envolve uma série de etapas que vão desde a escolha do ponto ótimo de maturidade hortícola para a colheita, passando pela adoção de embalagens e métodos de resfriamento rápido adequados, até a tecnologias que permitam significativa agregação de valor como é caso do processamento mínimo. A pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologia de pós-colheita passa atualmente por uma nova fase onde colher, embalar e estender a vida de prateleira do produto, minimizando perdas e impedindo a ação deletéria de microrganismos, não são mais as únicas preocupações dos técnicos envolvidos com essa fascinante área do conhecimento. O foco atualmente é centrado na busca pela manutenção dos valores funcionais das frutas e hortaliças após a colheita e na utilização de técnicas de manuseio que assegurem a inocuidade e a rastreabilidade, sem prejuízo de todos os atributos de qualidade anteriormente garantidos. Desta forma, estudos focados em tecnologias que possibilitem a manutenção dos teores de compostos funcionais como o licopeno em tomates e melancias, a quercetina em cebolas e a alicina no alho, dentre outros, têm norteado os esforços de investigação em vários institutos de pesquisa em todo o mundo. Além de nutritivos e com qualidade sensorial ótima, essas frutas e hortaliças devem ser seguras e rastreáveis. Com a crescente preocupação da população mundial com a inocuidade dos alimentos consumidos, frutas e hortaliças devem estar livres de qualquer contaminação química, física ou microbiológica. Além disso, é condição imperativa que esses produtos sejam rastreáveis, isto é, que se possa saber de onde vieram e de que forma foram produzidos. A adoção de novas tecnologias de rastreabilidade, como a identificação por rádio frequência, tem possibilitado uma maior segurança para consumidores e rapidez e confiabilidade para produtores, atacadistas e varejistas em várias partes do mundo.

Data: 13.09.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 7. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 20.09.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Controle de Doenças Pós-Colheita por Métodos Físicos

• ***Dra. Eliane Aparecida Benato, ITAL***

Há um considerável interesse por produtos vegetais livres de agroquímicos, contudo, deve-se considerar que os frutos são suscetíveis à deterioração por fitopatógenos, como podem servir de veículo para microrganismos causadores de toxinfecções. Buscando alternativas ao controle de podridões nos frutos, tem-se a Linha de pesquisa de métodos físicos para desinfecção, que aborda o uso de termoterapia, resfriamento, radiação ionizante, radiação ultravioleta, pulsos de luz, atmosfera controlada, atmosfera modificada incluindo uso de fimes ativos, etc.

Data: 20.09.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas

Quadro 8. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 27.09.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Carne Bovina - Produção e Avaliação da Qualidade

• *Dr. Rymer Ramiz Tullio, Embrapa Pecuária Sudeste*

O Brasil é o país que tem as melhores condições para a produção de carne. Entretanto, criadores precisam se preocupar mais com a qualidade de seu produto. Para isso, devem ter o cuidado de escolher a área adequada para a implantação do sistema de produção, adequá-lo à legislação ambiental do País, que é muito ampla e rigorosa, e atender às exigências do mercado externo. Devem formar pastagens, principal componente da alimentação, para ter qualidade e quantidade suficientes para atender às exigências dos animais. Devem fazer uso da alimentação suplementar para os animais, que permite o melhor aproveitamento das pastagens, principalmente na época em que ocorre escassez de forragem. Devem construir instalações rurais resistentes e funcionais para o tipo de exploração pecuária escolhida, seguras para as pessoas e para os animais. Os proprietários rurais devem atender às obrigações sociais e trabalhistas, além de observar o impacto que o sistema produz sobre o bem-estar humano, o ambiente e a sociedade e cumprir sua função social com base na utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e na preservação do ambiente. Devem fazer uso de manejo reprodutivo, sanitário e nutricional, ferramentas utilizadas para assegurar o aumento de produtividade, o bem-estar animal, a segurança das pessoas e o rastreamento e a certificação do produto final. Devem implantar o sistema de rastreabilidade, para permitir o acompanhamento do produto, desde a sua origem. Devem implantar sistema de gestão, de forma a assegurar o acerto nas decisões e melhorar o desempenho econômico e financeiro do sistema produtivo. Aos pesquisadores cabe o monitoramento da qualidade da carne e o desenvolvimento de novas metodologias e equipamentos que agilizem e facilitem esse acompanhamento.

Data: 27.09.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 9. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 04.10.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Agroecologia em Áreas de Reforma Agrária do Estado de São Paulo

• *Dr. Manuel Baltasar B. Costa, UFSCar*

Versará sobre problemas identificados, reflexões sobre proposta e ajustes necessários ao sucesso do Processo de reforma agrária no Estado de São Paulo. Discutirá os pressupostos teóricos e metodológicos do Projeto, a gestão territorial por microbacias hidrográficas, o manejo e a conservação dos recursos naturais de forma sustentável, e os elementos e aportes da agroecologia como um caminho compatível com a sustentabilidade de tal segmento, que está sendo inviabilizado pelo modelo agrícola hegemônico. Abordará os resultados acumulados do Projeto de Extensão Rural financiado pelo CNPq, cujo foco central são assentamentos, agroecologia e micro bacias. A responsabilidade institucional é do IAC, e no Projeto há a parceria das Prefeituras Municipais de Araraquara, UFSCar, Esalq, Embrapa CNPDIA, Uniara, Itesp, Pirai Sementes, e antes Incra e Feraesp. A ação é extensiva a Araraquara, São Carlos, Descalvado e Pradópolis, onde se situam os 3 assentamentos e as duas ocupações que estamos buscando apoiar e/ou assessorar. A equipe envolvida no Projeto é constituída por cerca de 20 estudantes de graduação e pós graduação e cerca de 12 pesquisadores apoiadores.

Data: 04.10.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

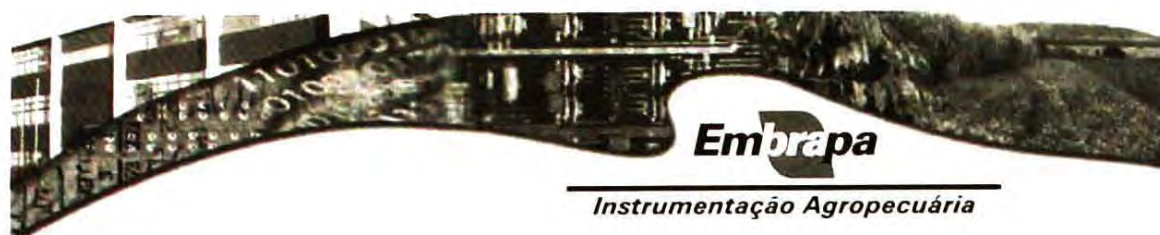
Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 10. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 11.10.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Oportunidades da Micro e Nanoeletrônica no Agronegócio

• *Dr. Jacobus W. Swart, Diretor do CENPRA/UNICAMP*

Iniciaremos a apresentação com uma breve descrição da área de microeletrônica e sua evolução e tendências. A área de MEMS será descrita em seguida, por se tratar de tecnologia correlata da microeletrônica e essencial para produtos de instrumentação agrícola, incluindo os diversos microssensores. Vários exemplos de aplicações de microeletrônica para agricultura e pecuária serão discutidos em seguida, incluindo atividades em desenvolvimento dentro da rede NAMITEC. Outros temas relacionados que serão discutidos incluem semicondutores e meio ambiente, nanotecnologias, programa CI-Brasil do MCT e atividades realizadas no CenPRA.

Data: 11.10.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 11. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 18.10.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

O estímulo à Inovação Tecnológica numa Univesidade Pública – A Experiência da Unicamp

• ***Dr. Roberto Lotufo***
INOVA/UNICAMP

A palestra abordará a contextualização no cenário atual do estímulo à Inovação no ambiente universitário. Serão discutidos aspectos inerentes do relacionamento universidade-empresa, do uso da Propriedade intelectual como forma deste relacionamento. Será dada ênfase sobre as vantagens do patenteamento numa universidade de pesquisa pública. Será discutida a importância de uma política de propriedade intelectual para instituições públicas e finalmente serão apresentados os principais indicadores de resultados da Agência de Inovação Inova Unicamp, relacionados aos projetos de pesquisa colaborativo com empresas, à atividade de gestão da propriedade intelectual e do estímulo à geração de empresas nascentes oriundas da universidade.

Data: 18.10.2007 (quinta-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas

Quadro 12. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 26.10.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

Solo, Agricultura e Aquecimento

• *Prof. Carlos Clemente Cerri, CENA/USP/Piracicaba*

O conceito de aquecimento global encontra-se associado à emissão de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, NO_x, H₂O, etc.) para a atmosfera. Estes gases são produzidos, principalmente, por atividades antrópicas relacionadas à queima de combustíveis fósseis nas indústrias e transporte. Entretanto, é também verdade que não se pode negligenciar a contribuição que mudanças no uso da terra e atividades agropecuárias, especialmente aquelas desenvolvidas nas regiões tropicais do globo, fornece para incrementar as emissões desses gases para a atmosfera. Como se sabe, é nestas regiões quentes e úmidas, onde se encontram as maiores e mais densas florestas do planeta, que estão situados os países em desenvolvimento, os quais apresentam uma economia fortemente dependente de suas atividades agropecuárias.

Nesta palestra serão assinalados alguns aspectos e fornecidos alguns exemplos de como o manejo da agricultura tropical pode modificar o ciclo dos gases de efeito estufa, contribuindo dessa forma para retardar ou acelerar o aquecimento global do planeta. A partir de três exemplos brasileiros serão fornecidos alguns dados que evidenciam a importância do plantio direto, a aplicação de bio sólidos no solo e a produção de biocombustível a partir da cana de açúcar.

Data: 26.10.2007 (sexta-feira)

Horário: 10h às 12h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Quadro 13. Cartaz de divulgação do colóquio apresentado no dia 05.11.2007.



Ciclo de Colóquios 2007 da Embrapa Instrumentação Agropecuária

A Heveicultura no Contexto Global

• *Dr. Paulo de Souza Gonçalves, Embrapa/IAC*

A borracha natural está presente em mais de 7.500 espécies de plantas limitadas a 300 gêneros e sete famílias: Euphorbiaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Moraceae, Papaveraceae e Sapotaceae (Cornish *et al.*, 1993). A seringueira pertence ao gênero *Hevea*, da família Euphorbiaceae, sendo a *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.DC. de Juss.) Muell.-Arg. a espécie mais importante do gênero. Na Ásia, ela é plantada como a principal fonte de borracha natural, sendo que em 2006 mais de 73,5% da produção mundial foi originária da Tailândia, Indonésia e Malásia, que contribuíram separadamente com 32,3%, 27,4% e 13,8%, respectivamente. A área total mundial estimada de seringueira plantada é superior a 9 milhões de hectares, tradicionalmente cultivada na região equatorial, situada entre 10° N e 10° S. A borracha natural é a matéria-prima estratégica para mais de 40.000 produtos, inclusive 400 dispositivos médicos (Mooibroek e Cornish, 2000). Devido a sua estrutura molecular e alto peso molecular (> 1 milhão de daltons) possui resiliência, elasticidade, resistência a abrasão e ao impacto que não podem ser obtidas artificialmente em polímeros produzidos artificialmente. Apesar de ser o berço das espécies desse gênero, o Brasil contribuiu em 2006, com apenas 1,2% da produção mundial de 9.188 mil toneladas para um consumo em torno de 3,2% de um total de 8.956 mil toneladas da demanda mundial (International..., 2007). No Brasil, a história da produção da borracha vegetal mostra que o país desfrutou da condição de principal produtor e exportador mundial no final do século passado e início do atual, passando a ser importador desta matéria-prima a partir do início dos anos cinquenta. Ressalta-se também, que em 2006, a produção brasileira, segundo a International..., (2007), foi estimada em 108 mil toneladas para um consumo de 287 mil toneladas, sendo que, cerca de menos de 5% da borracha produzida no país foi proveniente de seringais nativos. Para um país que possui em relação aos demais países produtores, área incomparavelmente maior para o plantio de seringueira, o déficit de produção significa, no mínimo, descaso para um produto estratégico de tão alto valor econômico-social. Particularizando as áreas de escape, só o Estado de São Paulo possui 14 milhões de hectares aptos à heveicultura e desse total cerca de 45 mil hectares estavam ocupados com seringueiras em 2006 (APABOR, 2006), conferindo ao Estado a condição de primeiro produtor de borracha natural do Brasil, com uma produção estimada em 2004 de 48 mil toneladas, o que representa 53% da produção nacional (IBGE 2005). Há cerca de 130 anos, quando teve início sua domesticação, a seringueira foi considerada mais uma espécie selvagem da Amazônia. Durante esse período, o melhoramento genético da seringueira contribuiu para o seu desenvolvimento, elevando o nível e produtividade de 400 para 2.500 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Melhoristas têm tentado formular novas estratégias com o intuito de incrementar cada vez mais a produtividade do seringal, integrando um conjunto de métodos em desenvolvimento.

Data: 05.11.2007 (segunda-feira)

Horário: 16h

Local: Auditório Sérgio Mascarenhas



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Relação entre os temas abordados nos colóquios e possibilidades futuras de pesquisas

Os assuntos abordados no Ciclo de Colóquios foram desde aqueles bem abrangentes como o do Diretor-Presidente da Embrapa, Dr. Silvio Crestana, que apresentou o colóquio *Contribuições tecnológicas da Embrapa para a pesquisa tropical* e do Dr. Roberto Lotufo, Diretor da INOVA/UNICAMP, com o colóquio *O estímulo à inovação tecnológica numa universidade pública: a experiência da UNICAMP*, àqueles bem específicos como *Controle de doenças pós-colheita por métodos físicos* e *Solo, agricultura e aquecimento*, por exemplo.

Os colóquios apresentados proporcionaram reflexões e discussões sobre as oportunidades do desenvolvimento de tecnologias, aspectos de demanda do mercado consumidor e de PD&I, tendências da política de CT&I, com foco no agronegócio e, obviamente, do estado da arte em áreas estratégicas e portadoras de futuro, com aderência ao agronegócio e instrumentação agropecuária.

Um tema abordado em três colóquios foi a nanociência e nanotecnologia (*O LNLS e a nanociência e nanotecnologia: aplicações e oportunidades*, do Dr. José Antonio Brum, do LNLS; *Controle molecular em filmes nanoestruturados e suas aplicações*, do Dr. Osvaldo N. de Oliveira Jr., da USP/IFSC e *Oportunidades da micro e nanoeletrônica no agronegócio*, do Dr. Jacobus W. Swart, do CENPRA), pois trata-se de tema de pesquisa em que a Unidade tem trabalhado e investido com bastante ênfase.

No nível da Embrapa, a Unidade lidera o projeto em rede no Macroprograma 1: *Nanotecnologia aplicada ao agronegócio*, realizando pesquisas em parceria com diversas Unidades da Embrapa e Universidades em áreas como de desenvolvimento de sensores para a qualidade de produtos agrícolas; filmes e membranas para o recobrimento de alimentos visando a melhoria da qualidade e durabilidade de produtos agrícolas; novos materiais, compósitos e blendas poliméricas com nanopartículas e nanofibras para a melhoria do desempenho de materiais plásticos; embalagens biodegradáveis; e materiais para a liberação controlada de insumos agrícolas e fármacos.

Está finalizando também a montagem do Laboratório Nacional de Nanotecnologia no Agronegócio (LNNA), com recursos da FINEP e EMBRAPA, com o objetivo de atuar nessas áreas já mencionadas, atendendo aos projetos de pesquisa em andamento, mas também com forte participação da iniciativa privada na definição das prioridades e demandas de pesquisa e prestação de serviços.

Neste tema da nanotecnologia, a Unidade já desenvolveu diversas tecnologias de impacto como os sensores gustativos, denominados de língua eletrônica, para a avaliação da qualidade de café, vinho suco de frutas e outros (RIUL et al., 2004; DYMINSKI et al., 2006) e os filmes comestíveis para o recobrimento de frutas, aumentando o tempo de prateleira e qualidade desses produtos (ASSIS e PESSOA, 2004). É, portanto, um assunto estratégico que deve ser reforçado, com grande atuação do grupo no período de atuação do IV PDU da Unidade (2008 a 2011) e tem grande potencial de geração de produtos, processos e métodos inovadores com apelo de mercado.

A agricultura de precisão, tema abordado no colóquio do Dr. José Paulo Molin, da USP/ESALQ (*Agricultura de precisão e oportunidades para automação das decisões*) é um assunto de grande interesse da Unidade com diversas tecnologias já desenvolvidas como de avaliação de parâmetros de solos (VAZ et al., 2007; MARTIN-NETO et al., 2007; SILVA et al., 2007) e plantas (INAMASU et al. 2006b), transmissão remota de dados (TORRE-NETO et al. 2007), aquisição e processamento de imagens (JORGE e CRESTANA, 2007), automação agrícola e padronização da comunicação entre máquinas e implementos agrícolas (GODOY et al. 2007). Participou e coordenou diversos projetos neste tema na Embrapa e atualmente participa da coordenação do projeto em rede do Macroprograma 1: *Agricultura de precisão para sustentabilidade de sistema produtivos do agronegócio brasileiro*. É, portanto, um assunto que deve ser reforçado e ampliado no IV PDU e a que a Unidade poderá dar uma contribuição efetiva com o desenvolvimento ou adaptação de equipamentos, sensores e sistemas, contribuindo para uma maior inserção do conceito da agricultura de precisão nos sistemas produtivos agrícolas no Brasil.

A agroenergia (colóquio apresentado pelo Prof. Murilo Innocentini, da UNIP: *Desafios no desenvolvimento de tecnologias para produção de*

biodiesel no Brasil) é um tema sobre que a Unidade iniciou trabalhos de pesquisa mais recentemente, mas há diversas possibilidades de contribuições no desenvolvimento de metodologias avançadas para análise da qualidade do biodiesel e de matérias-primas para a produção de biogás, de hidrogênio por reforma de etanol, biogás e resíduos agrícolas. Outras possibilidades de pesquisas estão relacionadas à automação de processos para a produção de enzimas para o etanol celulósico e estudos de biomateriais para biorrefinarias. A agroenergia é uma grande área prioritária da Embrapa, e a Unidade deverá também contribuir de forma significativa com novos projetos e parcerias no horizonte do próximo PDU (2008 a 2011).

Na qualidade de alimentos (colóquios do Dr. Celso Moreti, da Embrapa Hortaliças: *Manuseio pós-colheita e rastreabilidade de frutas e hortaliças*; da Dra. Eliane Bonato, do ITAL: *Controle de doenças pós-colheita por métodos físicos*; do Dr. Rymer Tullio, da Embrapa Pecuária Sudeste: *Carne bovina: produção e avaliação de qualidade*) a Unidade tem contribuído no desenvolvimento de equipamentos e processos para a colheita e pós-colheita, visando o aumento da produtividade, ergonomia e segurança do trabalhador, e diminuição do desperdício em diversas etapas até o consumo final; também no desenvolvimento de métodos e equipamentos para a avaliação de parâmetros de qualidade de produtos vegetais e animais. Dentre as tecnologias já geradas pela Unidade nessa área, destacam-se equipamentos para a decorticação da castanha de caju (INAMASU et al. 2006a), castanha do Brasil e outros frutos de casca dura (PESSOA et al. 2005), cesta para a colheita de figos (BISCEGLI et al. 2007), derriçadeira de café (INAMASU, 1998), softwares para a avaliação da qualidade por processamento de imagens (JORGE e CRESTANA, 2007), equipamentos de hidroconservação, equipamento para a detecção de fraudes de pó-de-café por técnicas fototérmicas (MELO, 2005) e método de ressonância magnética nuclear para a medida da qualidade de alimentos como embutidos, frutas e outros. É uma área em que a Unidade tem uma atuação muito forte e deverá mantê-la, pois há ainda grandes desafios relacionados à conservação dos alimentos, monitoramento da sua qualidade, à sanidade e ao aumento da produtividade e diminuição dos desperdícios, que são importantes aspectos da pesquisa em alimentos, em que a Unidade tem atuado.

No campo das pesquisas sobre o efeito das mudanças climáticas na agricultura (colóquio proferido pelo Prof. Carlos Cerri, da USP/CENA: *Solo, agricultura e aquecimento*), a Unidade tem trabalhado no desenvolvimento de metodologias para a avaliação qualitativa e quantitativa da matéria orgânica dos solos por técnicas espectroscópicas de ressonância magnética, fluorescência por laser e outras visando à quantificação do seqüestro de carbono pelo solo em diversos sistemas de plantio (MARTIN-NETO, 2007). Tem trabalhado também em processos de compostagem (SILVA et al. 2004) e uso de resíduos agroindustriais visando à redução do uso de fertilizantes extraídos de fontes não renováveis. Como futuro, existem diversas oportunidades da Unidade continuar atuando nesses temas e com ampliação para novos focos como a quantificação da emissão de gases do efeito estufa, estudos de sistemas integrados lavoura-pecuária, desenvolvimento sistemas automatizados e sensores para o monitoramento de CO₂ em ambiente fechado e aberto, estudos de albedo, dentre outros. Os estudos para a transformação de resíduos em energia, insumos e condicionantes de solos devem ser ampliados para outras fontes disponíveis em grande escala, como é o caso da vinhaça da cana, resíduos da agroindústria de citros, eucalipto e outros, e resíduos de construção civil, dentre outros.

Referências

ASSIS, O. B. G.; PESSOA, J. D. C. Preparation of thin films of chitosan for use as edible coating to inhibit fungal growth on sliced fruits. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 17-22, 2004.

BISCEGLI, C. I.; FERRAZ, A. C.; HONÓRIO, S. **Cesta para colher figos**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 2 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 85).

DYMINSKI, D. S.; PATERNO, L. G.; TAKEDA, H. H.; BOLINI, H. M. A.; MATTOSO, L. H. C.; CÂNDIDO, L. M. B. Correlation between human panel and electronic tongue responses on the analysis of commercial sweeteners. **Sensor Letters**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 403-408, 2006.

EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA. **III Plano Diretor da Embrapa Instrumentação Agropecuária**: 2004-2007. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. 31 p.

GODOY, E. P.; TANGERINO, G. T.; SOUSA, R. V.; PORTO, A. J. V.; INAMASU, R.Y. Rede ISOBUS para controle e comunicação de dados de um robô agrícola móvel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 6., São Pedro, SP, 2007. SBIAgro 2007. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2007. 1 CD-ROM. p. 251-255.

INAMASU, R. Y.; BISCEGLI, C. I.; PAIVA, F. F. A. **Máquina pneumática para abrir castanha-de-caju**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2006a. 5p. Comunicado Técnico 81.

INAMASU, R. Y.; SOUSA, R. V.; PORTO, A. J. V.; FORTES, C.; LUCHIARI, A.; SCHEPERS, J. S.; SHANAHAN, J. F.; FRANCIS, D. D. Acesso ao estado nutricional da cana-de-açúcar por meio de sensor ativo de refletância. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2., 2006, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro: ESALQ/USP, 2006b. Edição de José Paulo Molin e Carlos Alberto Vetorazzi. Não paginado. 1 CD-ROM.

INAMASU, R.Y. **Recomendações sobre o uso da máquina para derriçar café**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1998. 9 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Recomendação Técnica, 9).

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. Processamento de Imagens em Ciência do Solo - raízes, morfologia e cobertura do solo. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 341-438.

MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. M. B. P.; COLNAGO, L. A.; SIMÕES, M. L. Metodologias avançadas para estudos da matéria orgânica e seqüestro de carbono em solos. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 15-91.

MELO, W. L. B. **Desenvolvimento do sistema analisador de alimentos e Café - Ali-C**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. 78 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 19).

PESSOA, J. D. C.; LEEUWEN, J. V.; ASSIS, O. B. G.; BRAZ, D. C.; GOMES, J. I.; SILVA, S. E. L.; KANNO, S. S. **Contribuições da pesquisa para o beneficiamento da castanha-de-cutia (*Couepia edulis prance*) e aproveitamento de seus resíduos**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. 17 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 15).

RIUL JUNIOR, A.; SOUSA, H. C.; MALMEGRIM, R. R.; SANTOS JUNIOR, D. S.; CARVALHO, A. C. P. L. F.; FONSECA, F. J.; OLIVEIRA JUNIOR, O. N.; MATTOSO, L. H. C. Wine classification by taste sensors made from ultra-thin films and using neural networks. **Sensors and Actuators B: Chemical**, Lausanne, v. 98, p. 77-82, 2004.

SILVA, A. M.; NAIME, J. M.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P. E. Tomografia computadorizada de raios X e gama para investigação não-invasiva do solo. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 159-233.

SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; HANEDA, R. N.; FIALHO, L. L.; LEONELLI, F. C. V. **Método de aproveitamento biossólido proveniente de lodo de esgoto residencial através de processo de compostagem seguido de biodigestão anaeróbica**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 50 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 13).

TORRE-NETO, A.; RABELLO, L. M.; VAZ, C. M. P. **Plataforma tecnológica para irrigação de precisão em citricultura**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 10 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 21).

VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M.; SILVA, A. M.; RABELLO, L. M.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P. E. Equipamentos e métodos para análise física dos solos. In: MARTIN NETO, L.; VAZ, C. M. P.; CRESTANA, S. **Instrumentação avançada em ciência do solo**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. p. 93-158.

Nanotecnologia em semicondutores

Jacobus Willibrordus Swart

Jose Alexandre Diniz

Newton Cesario Frateschi

Fabiano Fruett

Stanislav Moshkalev

Introdução

A eletrônica teve sua origem no desenvolvimento do telefone por Gram-Bell e pelo rádio por Marconi, entre outros. A eletrônica inicial era baseada em dispositivos eletromecânicos, como relês, e pela válvula eletrônica. No entanto, não podemos nos esquecer da genialidade do Pe. Roberto Landell de Moura, que demonstrou na cidade de São Paulo a comunicação por sinais eletromagnéticos já em 1892, antes portanto dos trabalhos de Marconi (ALENCAR e ALENCAR, 1998). Infelizmente, pouca gente conhece os trabalhos do Pe. Landell de Moura. A sua história constitui também um exemplo da falta de apoio e incentivo dado ao trabalho inovador feito no país, bem como de que a inovação pode surgir em qualquer parte do mundo.

A história também mostra que as ameaças constituem fontes valiosas para a inovação. Assim, a Segunda Guerra Mundial, apesar dos efeitos nefastos, trouxe um grande avanço nas teorias e tecnologias de comunicação e de computação, até este momento baseado na eletrônica com válvulas. Essas válvulas eram grandes, caras, consumidoras de alta potência e de baixa confiabilidade.

O primeiro transistor foi demonstrado em dezembro de 1947, na Bell Labs, originando a eletrônica baseada em semicondutores. Uma nova ameaça aos EUA surgiu quando os russos lançaram o foguete Sputnik. Isso favoreceu a indústria de semicondutores incipiente

nesse momento, entre as quais a nova empresa Fairchild que acabara de ser criada no hoje Vale do Silício, na Califórnia (LEE, 2006). Desde então, a indústria de semicondutores não parou de crescer. Inicialmente, o conceito de circuito integrado foi proposto na Texas Instruments em 1958, porém o processo apropriado para sua implementação, o chamado processo planar, foi desenvolvido na Fairchild em 1959 (RIORDAN e HODDESON, 1998).

O crescimento da densidade de integração segue uma lei chamada de lei de Moore, segundo a qual o número de transistores por chip aumenta duas vezes a cada período de 18 a 24 meses aproximadamente (MOORE, 1965). É uma lei de evolução tecnológica seguindo fatores econômicos e de mercado. Não tem nada a ver com leis físicas, por exemplo, embora seja a segunda lei mais mencionada nos meios de comunicação, perdendo apenas para a lei de Newton.

Além dos transistores, inicialmente os transistores bipolares de contato e de junção, BJT, e depois o transistor de efeito de campo metal-óxido-semicondutor, MOSFET, vários outros dispositivos foram desenvolvidos para várias aplicações específicas, tais como: chaves de alta potência, como tiristores e outros, CCD's (charge coupled devices), lasers, LED's, fotodetetores, dispositivos de memória não volátil, sensores e vários outros. Um trabalho de Ng publicado em 1996 lista 67 dispositivos diferentes (NG, 1996). No entanto, circuitos integrados fabricados com transistores MOSFET, mais especificamente pela chamada tecnologia CMOS, ocupam a maior fatia do mercado de semicondutores, ou seja, mais de 85% do mercado de cerca de US\$ 250 bilhões em 2006.

A grande maioria (~98%) dos dispositivos e circuitos integrados é fabricada usando o semicondutor silício. Ou seja, o silício é o semicondutor predominante. O Brasil possui grandes jazidas de quartzo, a matéria-prima preferencial para a extração do silício, e produz grande quantidade de silício, porém em grau de pureza chamada metalúrgica. Esse nível de pureza não é suficiente para a produção de dispositivos eletrônicos. Outros países importam o silício grau metalúrgico do Brasil e depois agregam muito valor a ele, purificando-o e transformando-o em lâminas ou bolachas (*wafers*) monocristalinas, necessárias para a fabricação de circuitos

integrados. Considerando a demanda e preço crescente do silício, agravado pela ampliação da produção de painéis fotovoltaicos para a geração de eletricidade, a produção local de silício grau eletrônico constitui uma grande oportunidade. Além do silício, usam-se também outros semicondutores para aplicações específicas e nichos de mercado, entre os quais vale citar os semicondutores compostos III-V como GaAs, InP, GaN e outros semicondutores como Ge e SiC.

A evolução dos circuitos integrados dá-se pela redução contínua das dimensões dos dispositivos, chegando-se hoje à escala nanométrica. Uma possível definição de nanotecnologia e que nós adotamos é a seguinte: “É a ciência e engenharia de estruturas em escala nanométrica que apresentam propriedades modificadas devido à sua redução de dimensão”.

Os transistores MOSFET atuais podem apresentar dimensões da ordem de até 30 nm e espessura do dielétrico de porta entre 1 e 2 nm. Além de a sua dimensão ser claramente de escala nanométrica, vários efeitos quânticos, não observados em dispositivos MOSFET com dimensões maiores, agora tornam-se relevantes e devem ser considerados. Desta forma, a tecnologia de circuitos integrados é atualmente parte do universo da nanotecnologia. Essa área da nanotecnologia constitui uma evolução da microtecnologia e não uma inovação disruptiva. Assim, pode-se concluir que ambos têm uma base tecnológica comum e que se deve dominar a microtecnologia para poder migrar para a nanotecnologia. Além disso, em muitas tecnologias ocorre a integração de estruturas com dimensões micro e nanométricas.

Os semicondutores constituem os elementos que geraram a revolução e a formação da atual sociedade da informação, e também os elementos que permitirão os novos aprimoramentos e inovações nos mais diversos campos de aplicação, incluindo: agricultura de precisão, controle do meio ambiente, geração de energia, iluminação mais eficiente, medicina moderna e acessível, inclusão digital com TVD e computação ubíqua, automóvel e estradas inteligentes, comunicação ampla e assim por diante. Neste trabalho, serão apresentadas análises de vários campos dos semicondutores e suas relações com a nanotecnologia, separados nas sessões Circuitos Integrados, Novos Dispositivos, MEMS e NEMS e Optoeletrônica.

Circuitos Integrados

A evolução da tecnologia de circuitos integrados dá-se pela evolução de três parâmetros: a redução contínua das dimensões mínimas das estruturas, o aumento da área do chip e a crescente eficiência de empacotamento por meio de inovações tecnológicas. Esses três fatores alimentam a lei de Moore, resultando no nível de integração atual na escala Giga, ou seja, acima de 1 bilhão de transistores por chip, como ilustrado na Figura 1a. As Figuras 1b e 2c ilustram a evolução das dimensões mínimas empregadas nos circuitos integrados e da área do chip. Uma ilustração da estrutura de um transistor MOS e sua evolução da geração tecnológica de 1 μm à de 65 nm é apresentada na Figura 1d.

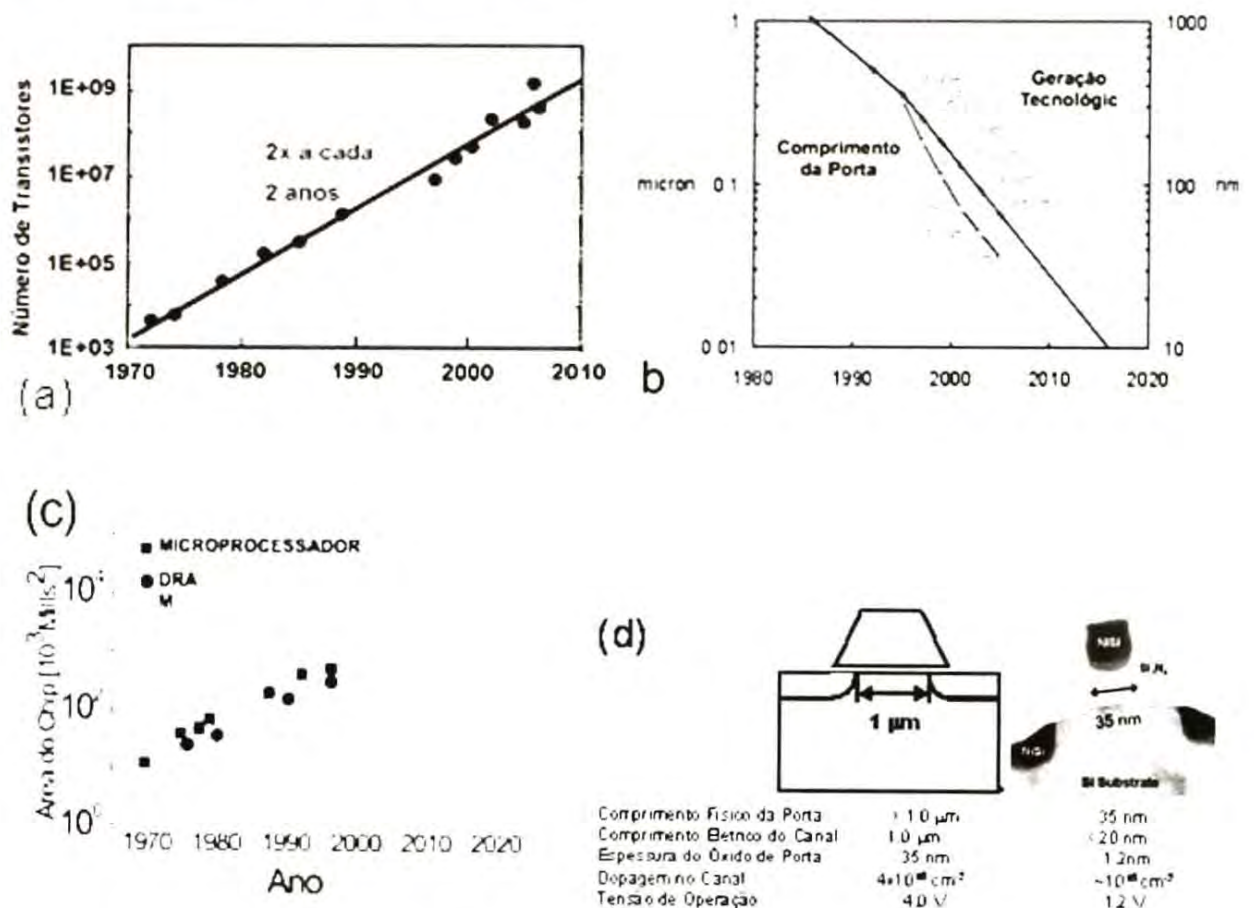


Fig. 1. Evolução do nível de integração (a), redução das dimensões mínimas (b), crescimento da área de chip (c) e ilustração da estrutura do transistor MOS nas gerações tecnológicas de 1 μm e de 65 nm (adaptado de Bohr (2007)).

O processo planar padrão de fabricação de circuitos integrados emprega o método chamado de cima para baixo (*top-down*). Nesse processo, as camadas são formadas uniformemente na superfície da lâmina e, posteriormente, as estruturas são moldadas por subtração localizada, por meio de um processo fotolitográfico. O processo fotolitográfico e de remoção, aplicado seqüencialmente para cada camada, representa um custo de pelo menos 50% do processo total de fabricação dos componentes. Dimensões menores e alinhamentos precisos nas novas gerações tecnológicas são obtidos por meio de equipamentos e processos ópticos sofisticados, envolvendo uma redução gradual do comprimento de onda da fonte luminosa e emprego de técnicas especiais tais como máscaras com inversão de fase e imersão em líquido (reduz velocidade da luz e, conseqüentemente, o seu comprimento de onda).

A evolução também requer a inclusão gradual de novos materiais na estrutura dos circuitos integrados. Embora a área apresente uma rápida evolução, a indústria de semicondutores é considerada conservadora. Ela incorpora um novo material apenas quando for realmente necessário. Como exemplo, temos a substituição dos contatos de alumínio com o silício por ligas de silicetos, a substituição das interconexões de alumínio por cobre, a substituição do dielétrico de porta de óxido de silício por um composto de háfnio (a ser adotado a partir do nó tecnológico de 45 nm), a incorporação de Ge na superfície do silício para produzir um estresse mecânico na rede cristalina e, assim, aumentar a mobilidade eletrônica, entre outros.

Além da incorporação de novos materiais, novas estruturas de transistores são também propostas ao longo da evolução, para produzir um salto no desempenho quando se observa uma saturação da sua melhoria com a redução das dimensões. Entre essas novas estruturas citamos a tecnologia SOI (*Silicon-on-Insulator*) e os transistores do tipo FinFET ou multiportas (MAZURÉ e CELLER, 2006). Alguns produtos comerciais já utilizam a tecnologia SOI, porém a tecnologia FinFET ainda se encontra em fase de pesquisa.

De acordo com a lei de Moore, a evolução do nível de integração permitiu a realização de circuitos cada vez mais complexos, não apenas de circuitos com função específica, mas de sistemas

completos num único chip, os chamados "sistema em chip" (SoC - *System on Chip*). Desta forma, todo o sistema eletrônico pode ser fabricado num único chip, por exemplo, toda eletrônica da televisão ou de um celular num único chip. Outro exemplo de sistema em chip é o chip projetado na Universidade de Brasília com seus colaboradores do projeto Instituto de Milênio NAMITEC, para um sistema de controle de irrigação (COSTA et al., 2005). Vale ressaltar que o projeto de circuitos complexos, incluindo SoC e outros, só se tornou possível graças ao desenvolvimento de ferramentas de projeto automático (pacotes de ferramentas chamadas de CAD ou EDA). Elas permitem o projeto de circuitos e sistemas integrados com alta probabilidade de funcionamento, de acordo com o especificado. A atividade de projeto de circuitos integrados está ao alcance de qualquer grupo com conhecimento e de posse destas ferramentas. Isso deu origem a escritórios de projeto (*design houses*) e a produtores de circuitos integrados sem fábrica (*Fabless IC suppliers*). Os produtores sem fábrica já respondem a 20% da produção mundial de circuitos integrados em 2006, com crescimento anual de 16%, bem acima do crescimento anual do mercado de circuitos integrados de 9%.

Os transistores nanométricos atuais e futuros apresentam um espalhamento de parâmetros crescente. Isso se deve à distribuição estatística dos átomos dopantes no silício e ao comportamento estatístico inerente aos mecanismos quânticos. Com a redução das dimensões, o número de átomos dopantes na região ativa do transistor soma algumas dezenas. Assim, uma pequena variação deste número produzirá uma alteração significativa de suas características, o que constitui um problema fundamental sem solução. Desta forma, os projetistas de circuitos integrados têm como desafio encontrar soluções para conviver com tal imprevisibilidade. Outro grande desafio para os projetistas é trabalhar obrigatoriamente com níveis de tensão cada vez menores e encontrar soluções para reduzir o gasto de potência. As severas limitações fundamentais encontradas na contínua redução dos transistores MOSFET, bem como os altos custos associados à produção em escala nanométrica, têm motivado o desenvolvimento de tecnologias alternativas para empacotamento de circuitos e sistemas. Essas novas tecnologias permitem integrar numa única montagem vários chips e outros

dispositivos formando os chamados SIP (*system-in-package*) e SOP (*system-on-package*) ou SOM (*system-on-module*) (TUMMALA, 2006). Em contraposição à evolução dentro da lei de Moore (*more Moore*), este caminho alternativo é chamado de além de Moore (*more than Moore*). Tais tecnologias representam uma inovação nos processos de empacotamento e abrem novas perspectivas e oportunidades.

O Brasil, pioneiro em comunicações pelo trabalho do Pe. Landell de Moura teve presença também nos primórdios da era dos semicondutores, durante os anos 60 e 70, porém a partir dos anos 80 teve uma participação muito limitada e decrescente, sobretudo na área industrial. Atualmente, temos duas empresas fabricando dispositivos semicondutores discretos de potência (AEGIS e SEMIKRON), duas empresas que atuam na área de empacotamento (*back-end*) de circuitos integrados do tipo memórias (SMART) e de dispositivos LED (Cromatek) e uma empresa que tem um grupo de relativamente grande de projeto de circuitos integrados (Freescale). As universidades e institutos de pesquisa mantiveram-se ativos em temas específicos, incluindo a geração de pesquisas pontuais com contribuições originais apresentadas em revistas e congressos no país e no exterior. Os temas de TVD e de inclusão digital, o programa CI Brasil do MCT e os incentivos dados aos componentes eletrônicos dentro da PAC do governo, entre outras ações, devem impulsionar a área no futuro. Vários centros de projeto estão em formação atualmente e um novo centro de prototipagem está sendo montado em Porto Alegre, chamado CEITEC, além da criação de um parque de microeletrônica no Estado de Minas Gerais. Essas iniciativas podem significar um início de uma retomada do caminho de crescimento na área.

Novos Dispositivos

Atualmente, o desenvolvimento da tecnologia MOSFET continua basicamente dentro da abordagem top-down. Este desenvolvimento exige novos materiais para substituir os materiais tradicionalmente utilizados, por exemplo, para dielétricos de alto k e de baixo k e para interconexões. Além disso, as tecnologias *bottom-up* (de baixo para cima, tais como deposição e crescimento de filmes ou síntese de

nanoestruturas, a partir de nível atômico/molecular) podem ser utilizadas para criar novas estruturas incorporadas no ciclo de tecnologia planar de Si. As estruturas novas como nanotubos de carbono (fabricadas por um dos processos de síntese, que é um exemplo de tecnologia *bottom-up*) são candidatas promissoras para serem usadas como blocos de construção em futuros dispositivos nanoeletrônicos. Desta forma, as tecnologias de futuro irão integrar as duas abordagens da nanofabricação, utilizando como base a tecnologia planar do tipo *top-down*.

Nanotubos de carbono possuem muitas propriedades singulares como transporte de elétrons balístico (sem espalhamento), alta condutividade térmica e módulo Young, interessantes propriedades ópticas, permitem alta densidade de corrente, criando expectativas de uso deles em variados dispositivos elétricos, mecânicos, ópticos, etc. (MEYYAPPAN, 2005; HOENLEIN, et al., 2003). O maior obstáculo para o uso mais amplo de nanotubos, no momento, é seu custo elevado e a dificuldade de obter controle sobre suas propriedades. Tanto tubos de paredes múltiplas (MWCNT, *multi-walled carbon nanotubes*) como tubos de paredes únicas (SWCNT, *single-walled carbon nanotubes*) são oferecidos no mercado mundial, porém com preços elevados. Isso restringe o seu uso em materiais compósitos, onde quantidades grandes do material são necessárias. Geralmente, uma amostra de nanotubos sintetizados contém uma mistura destes com diâmetros, estrutura e propriedades bastante variados. Os nanotubos de carbono podem ser criados em processos de descarga de arco, evaporação por laser (temperaturas destes processos são maiores de 1500 °C) e por deposição química de vapor ou CVD (*chemical vapor deposition*). Para uso em nanoeletrônica, o último método é mais adequado, podendo ser executado em temperaturas menores (até 500-700 °C), compatíveis com o processo planar de Si. Para nanotubos de paredes únicas, os maiores desafios são: o controle sobre o diâmetro e quiralidade deles, o que determina o caráter de condutância (semicondutor ou metálico), e o valor do *gap* para tubos semicondutores. As áreas de interesse maior no uso de nanotubos de carbono em nanoeletrônica são como dispositivos tipo FET ou como interconexões.

No dispositivo FET, os nanotubos de carbono semicondutores são utilizados como o canal entre a fonte e o dreno (TANS et al., 1998). As vantagens de uso dos nanotubos em FETs comparando com os dispositivos convencionais CMOS são: menor diâmetro (pode chegar a ~1 nm) e maior transcondutância. A corrente pela unidade de largura do canal pode ser pelo menos 10 vezes maior comparando com melhores dispositivos CMOS baseados em tecnologia de Si planar (HOENLEIN et al., 2003). Como os nanotubos de carbono formam bons contatos com metais ferroelétricos e têm baixo espalhamento de elétrons (mantendo também o spin ou orientação dos elétrons), existe também um grande interesse para a realização de nanodispositivos spintrônicos (COTTET et al., 2006). Nestes dispositivos, que podem ser baseados tanto em SWCNT como em MWCNT, são envolvidos os fenômenos de injeção, transmissão e detecção do spin de elétrons, ainda pouco conhecidos. As possibilidades de fabricação de SET (*single electron transistor* ou transistor do único elétron), baseado em SWCNT, também estão sendo exploradas (FUSE et al., 2007).

Outra aplicação dos nanotubos de carbono potencialmente importante é em interconexões, pois a ligação forte entre os átomos de carbono em configuração periódica sp^2 proporciona uma das maiores densidades de corrente (até 10^{10} A/cm²), sendo o limite para a ruptura por eletromigração para os nanotubos sem defeitos cerca 10^2 vezes maior que para metais como Cu ou Al (TANS et al., 1998). Isso abre boas perspectivas para o uso de nanotubos em conexões entre as camadas de metalização em CIs. Porém, a síntese de nanotubos semicondutores ou metálicos de boa qualidade, sem defeitos estruturais, ainda continua sendo um grande desafio.

As pesquisas na área de síntese de nanotubos por CVD estão sendo realizadas em muitos laboratórios, visando a obtenção de um controle maior sobre os parâmetros de nanotubos. No CCS-UNICAMP, as pesquisas na área de CVD catalítico estão em andamento (MOSHKALEV et al., 2004). Além da síntese controlada (criando nanotubos com a posição, direção e as propriedades predeterminadas), existe abordagem alternativa para a fabricação dos dispositivos baseados em nanotubos: deposição controlada de nanotubos pré-selecionados. No CCS-UNICAMP, desenvolvemos

uma serie de processos seqüenciais para deposição e fixação de nanotubos em cima de microeletrodos utilizando: (i) dieletroforese a partir de uma solução aquosa de MWCNT por campo AC (1-10MHz); (ii) *electroless* de Ni ou Pd por cima dos eletrodos, recobrando os contatos nanotubo/metal; (iii) tratamento térmico para a melhoria dos contatos. Posteriormente, foi possível depositar nanocontatos adicionais de Pt, utilizando o equipamento FIB (*focused ion beam*), para a realização de medidas pelo método de 4 pontas. Foram realizados também os primeiros testes com deposições de nanotubos de paredes únicas, demonstrando a possibilidade de criar um dispositivo tipo CNT-FET.

Transistor de único elétron (SET): Um capacitor de placas paralelas com capacitância C é formado por dois eletrodos condutores separados por um isolante. Quando o isolante tem espessura de alguns nanômetros, este capacitor torna-se uma junção túnel. A corrente I medida no amperímetro (Fig. 2) se deve ao efeito quântico de tunelamento. Esse efeito é dependente da espessura do isolante e da tensão aplicada entre os eletrodos, que fornece a energia necessária para se arrancar um elétron de um eletrodo para tunelar através do isolante e ser coletado pelo outro eletrodo, formando a corrente I do circuito externo. Quando ocorre o tunelamento de um único elétron, o capacitor com a junção-túnel carrega-se com a carga do elétron $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$, obtendo-se uma tensão $V_c = e/C$ entre os terminais do capacitor que pode atingir valores de tensão relativamente altos (~ 1 a 10 mV, devido à baixa capacitância C) (HENNING, 1999; LIKHAREV, 1999).

A estrutura de um transistor de um único elétron (Fig. 3) é formada por três eletrodos separados entre si por isolantes com espessura da ordem de nanômetro para que ocorra o tunelamento através deles. Portanto, obtém-se uma estrutura com dois capacitores com junção-túnel, e no eletrodo do meio ("ilha") está acoplado capacitivamente o terminal de porta do transistor. Os dois outros eletrodos das extremidades são fonte e dreno. Para o transistor funcionar, esses terminais devem estar polarizados com tensões V_s e V_d , respectivamente. Aplicando-se uma tensão V_g no terminal de porta, estabelece-se um potencial no eletrodo ilha que permite ou não o tunelamento do elétron proveniente do eletrodo fonte, que

posteriormente será tunelado para o eletrodo dreno, formando a corrente I entre fonte e dreno. Portanto, o terminal de porta juntamente com o eletrodo ilha controlam a passagem do elétron do terminal fonte para o dreno, similar ao que ocorre em transistores MOSFETs (HENNING, 1999; LIKHAREV, 1999).

Para a construção de uma junção-túnel, as dimensões de cada eletrodo do capacitor com capacitância de 1 fentofaraday, utilizando-se um isolante com constante dielétrica relativa em torno de 10 e espessura de um nanômetro, devem ser de $100 \times 100 \text{ nm}$ (HENNING, 1999). Atualmente, no CCS-UNICAMP pode se prever a fabricação destes transistores de um elétron com o auxílio do sistema FIB, que pode depositar e definir os eletrodos de Pt com essas dimensões, e pode utilizar como material isolante o óxido de Si, que também é depositado neste sistema.

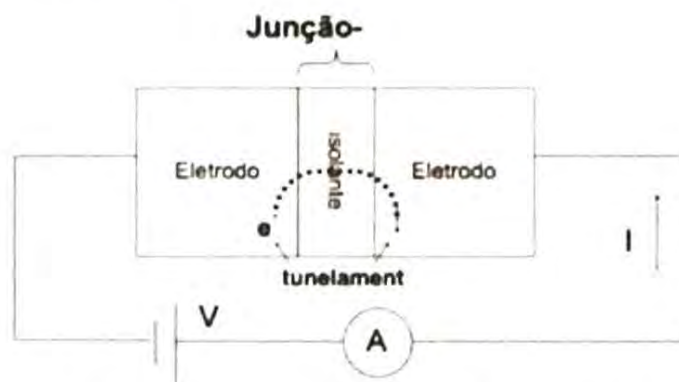


Fig. 2. Esquema do tunelamento do elétron em uma junção-túnel.

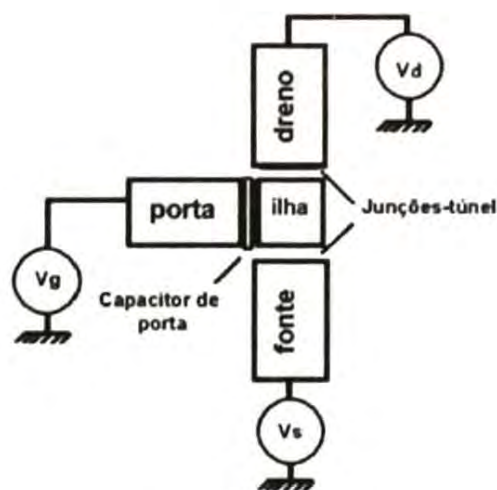


Fig. 3. Esquema do transistor de um único elétron.

MEMS e NEMS

Sistemas Microeletromecânicos (MEMS) referem-se a microsistemas eletrônicos que incorporam não só estruturas micromecânicas, mas também sensores e atuadores de outros domínios, tais como: químico, magnético, radiante e térmico. Talvez o leitor não saiba disto, mas já há MEMS no seu dia-a-dia. Em seu carro, em sua câmera digital, talvez em seu televisor e em seu telefone celular.

Os primeiros desenvolvimentos na área de MEMS foram realizados na década de 60 e, posteriormente, comercializados na década de 90. A tecnologia MEMS faz com que sistemas dos mais variados domínios sejam menores, mais rápidos, mais confiáveis e mais eficientes do ponto de vista do consumo de energia. Em um MEMS típico, circuitos integrados propiciam a parte "pensante" do sistema enquanto que estruturas microeletromecânicas complementam esta inteligência com percepção ativa (sensores) e controle de funções (atuadores).

A tecnologia para fabricação MEMS foi originalmente desenvolvida como uma tecnologia microeletrônica. A microeletrônica tem evoluído rapidamente desde a invenção do primeiro transistor em 1947 até o primeiro circuito integrado em 1959 e até os sistemas ULSI (*Ultra-Large Scale Integration*) de hoje. Através da história, a microeletrônica tem progredido com a diminuição das dimensões e aumento na densidade. Por outro lado, MEMS não usam apenas as figuras de mérito relacionadas ao escalonamento e densidade para medir seu progresso. MEMS tem progredido em diversidade e no aumento de possibilidades de suas aplicações.

Talvez o maior exemplo da evolução dos MEMS sejam os sensores de pressão microeletrônicos. Um marco para o início deste desenvolvimento aconteceu em 1954, quando Smith (1954) descobriu o efeito piezoresistivo presente no silício e no germânio. Este efeito é responsável pela apreciável variação da resistividade quando um esforço mecânico é aplicado no semicondutor. Hoje, sensores de pressão microeletrônicos têm um mercado consolidado e estão presentes nos relógios de pulso, nos automóveis, nos utensílios domésticos etc.

A Tabela 1 mostra a evolução dos produtos MEMS desde a descoberta de uma tecnologia até a comercialização completa. Todos esses produtos foram otimizados no decorrer dos anos em termos de custo, desempenho, confiabilidade e capacidade de fabricação em alto volume.

Tabela 1. Cronograma de evolução dos produtos MEMS (STAUFFER, 2005).

Produto	Descoberta	Evolução produto	Redução custos	Comercial
sensores de pressão	1954-1960	1960-1975	1975-1990	1990
acelerômetros	1974-1985	1985-1990	1990-1998	1998
sensores de gases	1986-1994	1994-1998	1998-2005	2005
válvulas	1980-1988	1988-1996	1996-2002	2002
display fotônicos	1980-1986	1986-1998	1998-2004	2004
sensores bioquímicos	1980-1994	1994-2000	2000-2004	2004
radiofrequência (RF)	1994-1998	1998-2001	2001-2005	2005
microrrelés	1977-1982	1993-1998	1998-2002	2002

Enquanto novas inovações e aplicações MEMS tem sido produzidas em centros de pesquisa e laboratórios de universidades, apenas uma pequena parte desses desenvolvimentos tem resultado em produtos comerciais. Tal distanciamento tende a diminuir a partir do momento em que ferramentas de projetos dirigidas a MEMS são criadas e incorporadas às ferramentas de projetos de circuitos integrados comerciais.

A padronização de ferramentas para síntese e a criação de modelos podem facilitar a utilização desta tecnologia por projetistas de circuitos integrados. Deve-se ter em mente que essa padronização e modelagem não são tarefas triviais, já que estamos lidando com sistemas multifísicos e quase sempre tridimensionais.

Temos que estar preparados. Fortalecer a nossa educação superior em micro e nanotecnologia. Criar pólos atrativos de tecnologia e gerar produtos MEMS com forte aplicação para o mercado nacional. A lacuna gerada pela falta de uma indústria nacional para a

fabricação de circuitos integrados e MEMS não é necessariamente a peça que falta no quebra-cabeças. Temos vários quebra cabeças menores e não menos desafiadores para serem montados. Podemos criar núcleos de projetos (*design houses*) especializados. Também, com investimentos adequados, podemos fortalecer a nossa competência para testar, caracterizar e encapsular MEMS. A engenharia de encapsulamento (*MEMS packaging engineering*) é uma ciência relativamente nova e que tende a se tornar cada vez mais importante no projeto de novos produtos. Esta é uma excelente oportunidade facilitadora à nossa entrada neste mercado promissor.

No cenário atual, o mercado MEMS começa a ser impulsionado por novas aplicações em medicina, indústria automotiva, entretenimento, agricultura e pecuária. Os dois últimos mercados podem ser particularmente beneficiados pela competência nacional de produção nesta área.

Nossa vocação natural para o mercado de agronegócios vem sendo explorada com competência nos últimos 10 anos. O uso de tecnologia no campo já é uma situação empregada, ou pelo menos desejada, por muitos produtores rurais. Desta forma, há uma necessidade crescente de novos sistemas e sensores que nem sempre é atendida por soluções importadas e/ou disponíveis na prateleira. Surge, então, um grande filão para ser explorado. O desenvolvimento de ferramentas e sistemas moldados para atender as necessidades locais esbarra na utilização de tecnologia de ponta e demanda pela utilização de microssistemas inteligentes. Na agricultura, por exemplo, as oportunidades estão se abrindo para veículos guiados automaticamente - eles irão precisar de sensores inerciais combinados com sistemas GPS (ROJAS, 2008).

Outro exemplo de oportunidade MEMS está no setor automotivo. A indústria automotiva dos Estados Unidos está se adaptando rapidamente para atender à exigência criada por uma legislação local na qual os fabricantes de automóveis devem instalar em todos os carros novos um sistema de monitoramento de pressão dos pneus. Esta é uma tendência que deve se espalhar rapidamente pelos mercados globais.

Para atender essa demanda, estão sendo criados novos sistemas baseados em tecnologia MEMS. O grupo de pesquisa da UNICAMP apresentou um novo sensor de pressão compatível com a tecnologia CMOS, com consumo de potência inferior a $3 \mu W$ (GARCIA e FRUETT, 2006). Esse sensor de baixa potência possibilita que a energia para seu funcionamento seja gerada localmente por meio do próprio movimento da roda do automóvel por exemplo. Considerando-se apenas o setor automotivo nacional, essa inovação MEMS possui um mercado potencial de 12 milhões de unidades por ano. Temos, assim, um panorama favorável para o desenvolvimento de um produto MEMS de baixo custo e que merece investimento para chegar à linha de produção.

Optoeletrônica

A optoeletrônica engloba sistemas e componentes onde a interação da radiação eletromagnética com a eletrônica é o ponto central. Os componentes ou sistemas optoeletrônicos são utilizados para a geração, detecção, conversão, amplificação, modulação, guiamento, filtragem, etc. de ondas eletromagnéticas por processos envolvendo, de alguma forma, a eletrônica. Destes componentes, os diodos laser (LD), os diodos emissores de luz (LEDs), os fotodetectores (FD), amplificadores de luz, os conversores fotovoltaicos, as matrizes de imageamento por CCD ou fotodiodos são exemplos típicos. Em sistemas, são bons exemplos os mostradores de tela plana (FPD) tais como de cristal líquido, de plasma e eletroluminescentes por LEDs inorgânicos ou orgânicos (OLED).

Segundo a Optoelectronics Industry Development Association – OIDA (2006), o mercado mundial de componentes optoeletrônicos e produtos habilitados pela optoeletrônica vem crescendo numa taxa anual de 20 % em média. Os últimos dados mostram, em 2005, uma receita de U\$ 100 bilhões em componentes e U\$ 250 bilhões em produtos habilitados. Em termos de produtos habilitados, computadores portáteis, câmeras, fones e PDAs somam 50%; mostradores LCD e por plasma somam 30% da receita. Os equipamentos para redes de comunicação óptica têm conquistado, aproximadamente, 12% do mercado nos últimos anos. Conseqüentemente, módulos de mostradores são os componentes

optoeletrônicos de maior receita, correspondendo a 72% do total. Em segundo lugar, vêm as fontes de luz e detectores, estes sim tradicionalmente ligados à optoeletrônica, com 20%. Os restantes 18% ficam divididos entre fibras, conectores, células solares, etc. O mercado das fontes e receptores de luz gira em torno de U\$ 20 bilhões. Os principais componentes são os LEDs para iluminação e os sensores para imageamento, com 33 % da receita cada um, seguidos pelos diodos laser com aproximadamente 25 %. Em termos de crescimento anual do mercado, as células solares têm recentemente liderado entre os componentes sendo seguidas pelos módulos de mostradores.

A seguir, descrevemos sucintamente alguns elementos da optoeletrônica: componentes de telecomunicação, componentes para bombeio óptico, LEDs de alto brilho (HB LED) para iluminação e mostradores planos (FPD). Por fim, faremos alguns comentários sobre os tópicos mais atuais da pesquisa e desenvolvimento na área.

Componentes para telecomunicação: Os principais componentes para telecomunicação são o laser de diodo (LD), os moduladores de luz e os fotodetectores. Também de importância, são os amplificadores ópticos a semicondutor (SOA) ou com fibras dopadas por érbio (EDFA). Neste último caso, os amplificadores são bombeados por laser de semicondutor.

Os LDs, ou mesmo os diodos emissores de luz (LEDs), demandam materiais com alta eficiência de conversão elétron-luz. Os materiais eficientes para os emissores de luz são baseados em estruturas de multicamadas de compostos semicondutores de elementos da tabela periódica dos grupos III e V, assim chamados, compostos III-V. Estas camadas crescem epitaxialmente, ou seja, com a mesma orientação cristalina que o substrato. Dois substratos principais são utilizados para epitaxia: GaAs e InP. Na busca de emissores na região espectral de menor dispersão cromática (1300 nm) ou de menor absorção em fibras ópticas (1550 nm), a família de compostos quaternários InGaAsP foi desenvolvida sobre substratos de InP (AGRAWAL e DUTTA, 1993). Essencialmente, todos os componentes semicondutores de telecomunicação utilizam estes compostos tanto para redes locais como de longa distância.

Os moduladores de luz são divididos em três classes: lasers diretamente modulados (DML), eletroabsorção(EA) e interferométricos. Os detectores mais comumente utilizados são com base em InGaAs/InP. Para altas taxas, são utilizados diodos de junção PIN (camada intrínseca entre uma junção pn) ou de avalanche. Os SOAs têm sua principal aplicação em pré-modulação para compensar perdas ópticas nos acoplamentos dos componentes e baratear os componentes em integração híbrida (FRATESCHI et al., 2004).

Componentes de bombeio: A utilização de LDs com elementos discretos ou arranjos de diversos lasers para o bombeio óptico de outros lasers é bastante comum e tem permitido a miniaturização de equipamentos. Exemplos mais importantes são o EDFA, laser de Nd-YAG e lasers de fibra em geral. No acima citado EDFA e nos lasers de fibra, lasers de poço quântico tensionado de InGaAs em GaAs são utilizados para o bombeio no comprimento de onda de 980 nm. No caso do laser de Nd-YAG, arranjos de lasers com base em GaAs sem compostos de Al são utilizados para bombear o meio ativo. Lasers de Nd-YAG pulsados e dobrados para a região do verde são hoje fabricados com dimensões reduzidíssimas e alta eficiência. Tanto os lasers de fibra como os de Nd-YAG têm vasta aplicação na indústria, inclusive metalúrgica.

Componentes para iluminação - LEDs de alto brilho: Na área de iluminação e sinalização, o espectro visível deve ser preenchido por diodos emissores de alto brilho (HB LED). Mais ainda, deseja-se HB LEDs para emissão de luz branca. Lâmpadas incandescentes e fluorescentes têm eficiência em torno de 2% e 10%, respectivamente. HB LEDs em produção já apresentam eficiência similar ou acima das lâmpadas fluorescentes, e protótipos já demonstram eficiência acima de 20% (CREE, 2006). Já a durabilidade dos HB LEDs em produção é cerca de 5 vezes (50 vezes) maior que a das lâmpadas fluorescentes (incandescentes), sendo seu modo de falha previsível e muito mais resistente a impacto.

Os HB LEDS são fabricados com compostos de AlGaInP crescidos em GaAs ou InP para a região espectral do vermelho ao verde. Para a região do verde ao ultravioleta, compostos de InGaAlN são

utilizados. Os HB LEDs brancos são hoje fabricados majoritariamente combinando-se um LED azul-violeta com um fósforo que emite no amarelo.

Mostradores de tela plana (FPDs): Os tipos mais comuns de FPDs são de cristal líquido (LCD, liquid crystal display), plasma (PDP, plasma display panel), eletroluminescentes (EL), que utilizam LEDs e OLEDs (orgânico polimérico ou não) e de projeção. Em 2005, o número de mostradores planos superaram os tubos de raios catódicos em número de unidades (200 milhões) (OIDA, 2006).

Os mostradores por projeção se concentram em televisores e utilizam um arranjo de microespelhos de tecnologia microeletromecânica (MEMS) para a produção de imagem. Os mostradores de plasma utilizam a luz ultravioleta de plasma para excitar fósforos em cada pixel. Esta tecnologia permitiu grande avanço na produção de televisores de área larga. Os mostradores de LCD, atualmente, baseiam-se na rotação da polarização de luz de cristais líquidos em cada pixel. O sistema necessita, portanto, de iluminação de fundo, que é polarizada e filtrada para as cores básicas, e a imagem produzida pela aplicação de uma tensão em cada pixel. A tendência atual é que essa iluminação passe a ser feita utilizando os HB LEDs. Mostradores de OLED ainda estão embrionários e restringem-se aos de pequena área. Os desafios em OLEDs são a degradação e uniformidade. Sem dúvida, existe grande potencial de os OLEDs tornarem-se dominantes na área de visualização. Espera-se que, para o final desta década, eles passem a ter uma participação mais contundente. No entanto, os LCDs devem se manter na liderança do mercado.

Tendências atuais: Por fim, é importante citar brevemente algumas áreas da ciência e/ou mesmo tecnologia onde atualmente se tem maior destaque. Dessas, ressaltamos: a área de cristais fotônicos, lasers de microcavidade, laser com região ativa nanoestruturada, fotônica de silício e laser de cascata quântica. Com os cristais fotônicos, novas propriedades ópticas de materiais e a fabricação de circuitos fotônicos de alta complexidade são buscados. Lasers de microcavidade permitem o desenvolvimento de circuitos fotônicos avançados. Atualmente, a possibilidade de utilizar pontos quânticos em meios ativos permite grande potencialidade no controle das

propriedades espectrais para lasers, amplificadores, moduladores e detectores. A fotônica de silício propõe a integração da tecnologia CMOS com a optoeletrônica. Por fim, o laser de cascata quântica está permitindo emissão eficiente em comprimentos de onda que chegam até centenas de micrômetros, ou seja, na região de THz.

Conclusões

Discutimos rapidamente alguns tópicos mais relevantes em semicondutores. Alguns desses temas são fascinantes pelo interesse científico, mas, sobretudo, todos têm grande apelo comercial. A constante evolução da micro à nanotecnologia, adicionada à possibilidade de integração de eletrônica, optoeletrônica, microeletromecânica, ou mesmo sistemas biológicos é o caminho de convergência que as próximas gerações estarão alcançando. É importante ressaltar que as micro e nanotecnologias convivem de forma integrada e complementar, já estão presentes em muitos produtos e não faz sentido separá-las como se fossem tecnologias totalmente distintas. Certamente, aqueles que dominarem cientificamente e tecnologicamente essas áreas estarão liderando a economia mundial.

Referências

AGRAWAL, G. P.; DUTTA, N. K. **Semiconductor lasers**. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

ALENCAR, M. S.; ALENCAR, J. I. S. Evolução histórica das comunicações no Brasil: do Império à República. **Revista de História**, Vitória, ES, v. 7, p. 101-114, 1998.

BOHR, M. A 30 year retrospective on Dennard's MOSFET scaling paper. **IEEE Solid-State Circuits Society newsletter**, Los Alamitos, v. 12, n. 1, p. 11-13, 2007.

COSTA, J. C. da et. al. **CMOS SoC for irrigation control**: Proceedings of the 2005 SOCC (IEEE International SOC Conference), Washington, DC. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2005. p. 51-54.

COTTET, A. et al. Nanospintronics with carbon nanotubes. **Semiconductor science and technology**, London, v. 21, p. S78, 2006.

CREE INC. **Cree Demonstrates 131 Lumens per Watt White LED**. 2006. Press release. Disponível em: <http://www.cree.com/press/press_detail.asp?i=1150834953712>. Acesso em: 17 nov. 2007.

FRATESCHI, N. C.; ZHANG, J.; CHOI, W.; GEBRETSADIK, H.; JAMBUNATHAN, R.; BOND, A. High performance uncooled C-band, 10 Gb/s InGaAlAs MQW electro-absorption modulator integrated to semiconductor amplifier in laser integrated modules. **Electronics Letters**, London, v. 40, n. 2, p. 140-141, 2004.

FUSE, T.; KAWANO, Y.; SUZUKI, M.; AOYAGI, Y.; ISHIBASHI, K. Coulomb peak shifts under terahertz-wave irradiation in carbon nanotube single-electron transistors. **Appl. Phys. Lett.**, New York, v. 90, n. 1, p. 0131191-3, 2007.

GARCIA, V.; FRUETT, F. A Mechanical-stress sensitive differential amplifier. **Sensors and Actuators. A, Physical**, Lausanne, v. A132, p. 8-13, 2006.

HENNING, T. **Charging effects in niobium nanostructures**. 1999. Thesis (PhD) - Chalmers University, Göteborg/Sweden.

HOENLEIN, W. et al. Carbon nanotubes for microelectronics: status and future prospects. **Materials Science & Engineering . Biomimetic Materials, Sensors and Systems . C**, Lausanne, v. 23, p. 663, 2003.

LEE, T. H. **The (pre-) history of the integrated circuit: a random walk**. Lecture at 2006 IEDM-IEEE conference. Disponível em: <<http://www.ieee.org/portal/site/sscs>>. April 2007 issue. Acesso em: 17 nov. 2007.

LIKHAREV, K. K. Single-electron devices and their applications. **Proceedings of The IEEE**, New York, v. 87, n. 4, p. 606, 1999.

MAZURÉ, C.; CELLER, G. K. Advanced Electronic Substrates for the Nanotechnology Era. **The Electrochemical Society interface**, Pennington, v. 15, n. 4, p. 33-40, 2006.

MEYYAPPAN, M. (Ed.). **Carbon nanotubes**: science and applications. Boca Raton: CRC Press, 2005. 289 p.

MOORE, G. E. Gramming more components onto integrated circuits. **Electronics**, New York, v. 38, p. 114-117, 1965.

MOSHKALEV, S. A.; MOREAU, A. L. D.; GUTTIERREZ, H. R.; COTTA, M. A.; SWART, J. W. Carbon nanotubes growth by chemical vapor deposition using thin film nickel catalyst. **Mater. Sci. Engineer. B**, Lausanne, v. 112, n. 2-3, p. 147-153, 2004.

NG, K. K. A Survey of Semiconductor Devices. **IEEE Transactions Electron Devices**, New York, v. 43, n. 10, p. 1760-1766, 1996.

OIDA. **Global optoelectronics industry market report and forecast**. Disponível em:

<http://www.researchandmarkets.com/reportinfo.asp?cat_id=0&report_id=571282&q=global%20telecom%20market%20status%20and%20forecast%20-&p=1>. Acesso em: 17 nov. 2007.

RIORDAN, M.; HODDESON, L. **Crystal Fire**. [S. l.]: W.W. Norton Comp., Inc., 1998. ISBN 0-393-31851-6.

ROJAS, H. J. V. Brasil um novo player em semicondutores.

MINAPIM News, n. 12, 2008. Disponível em:

<<http://www.suframa.gov.br/minapim/news/visArtigo.cfm?Ident=479&Lang=BR>>. Acesso em: 17 nov. 2007.

SMITH, C. S. Piezoresistance effect in germanium and silicon. **Phys. Rev.**, College Park, v. 94, n. 1, p. 42-49, 1954.

STAUFFER, J. M. Acelerômetros MEMS para aplicações de produtos. **MINAPIM News**, n. 4, 2005. Disponível em:

<<http://www.suframa.gov.br/minapim/news/visArtigo.cfm?Ident=66&Lang=BR#>>. Acesso em: 17 nov. 2007.

TANS, S. J.; VERSCHUEREN, A. R. M.; DEKKER, C. Room-temperature transistor based on a single carbon nanotube. **Nature**, London, v. 393, n. 6680, p. 49, 1998.

TUMMALA, R. R. Moore's Low Meets its Match. **IEEE Spectrum**, New York, v. 43, n. 6, p. 44-49, 2006.

Agricultura de precisão e oportunidades para a automação das decisões

José Paulo Molin

Agricultura de precisão e as suas demandas

A agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas encontradas nos talhões e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente. Trata-se de um conjunto de tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial da produção (SCHUELLER, 1992). Existem relatos de que se trabalha em agricultura de precisão desde o início do século XX. Porém, a prática remonta aos anos 1980, quando em 1988, nos EUA, fez-se a primeira adubação com doses variadas (STAFFORD, 2000).

No Brasil, as atividades ainda muito esparsas datam de 1995 com a importação de equipamentos, especialmente colhedoras equipadas com monitores de produtividade. O Primeiro Seminário Temático em Agricultura de Precisão, realizado pela Embrapa, em Sete Lagoas, MG, em abril de 1997, enfocou as diretrizes e recomendações à pesquisa e difusão de tecnologia no sentido de priorizar a aquisição, interpretação e modelagem de dados, bem como a implantação de áreas-piloto para fins de ensino, pesquisa e treinamento (EMBRAPA, 1997). Esse deveria ser o enfoque dado à agricultura de precisão pelas universidades e instituições de pesquisa brasileiras, nos anos seguintes.

A agricultura de precisão (AP) tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre um só: utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e, se possível, tirar proveito dessas desuniformidades. São práticas que podem ser

desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos. Hoje, especialmente no Brasil, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada, porém não se deve perder de vista que AP é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação etc), infestação de ervas daninhas, doenças e pragas.

Sob a ótica do uso de fertilizantes e corretivos, resumidamente existem duas estratégias que podem ser adotadas. A mais simples delas está relacionada ao manejo da fertilidade do solo por meio do gerenciamento da adubação (fertilizantes, calcário e gesso) das lavouras com base apenas em amostragem de solo em grade. Esta tem sido a estratégia para iniciação da grande maioria dos usuários brasileiros, especialmente nas áreas de grãos e cana-de-açúcar. É uma abordagem bastante simples e rápida. Do planejamento de uma amostragem sistemática de solo, passando pela sua retirada no campo, análise no laboratório, processamento dos dados e geração dos mapas de aplicação, por vezes, não é necessário mais do que 15 dias. Essa agilidade satisfaz o usuário que parte para soluções dessa natureza, normalmente em busca de economia de insumos.

A outra estratégia é mais ampla e mais elaborada e considera as plantas, pois leva em consideração a produtividade das culturas anteriores para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos. É uma abordagem que exige a geração dos mapas de produtividade, portanto exige mais equipamento, mais trabalho e maior domínio por parte do usuário ou de seu consultor. É uma estratégia que demanda mais tempo para a construção de um consistente conjunto de dados, mas a solução é proporcionalmente mais acertada por considerar também a variabilidade da produtividade da lavoura e não apenas aquela do conteúdo de nutrientes no solo. Nesse caso, as práticas de AP serão conduzidas com maior complexidade.

A maior quantidade de dados implica em informação mais consistente e o conseqüente diagnóstico referente à variabilidade presente tenderá a ser mais acertado. Dessa forma, dados de produtividade expressos por mapas são fundamentais, e a interpretação da variabilidade presente nas lavouras e evidenciada nos mapas de

produtividade implica numa relação entre causas e efeito. A interpretação e explicação para os fatos é a tarefa mais complexa, em que devem ser identificados os fatores que podem causar as baixas produtividades onde elas se manifestarem. É nesse contexto que devem ser aplicados os conceitos agronômicos que hoje são conhecidos, porém diferenciados para cada pequena porção da lavoura, e esse não é um desafio simples.

Outra grande diferença entre estratégias pode ser quanto aos objetivos que o usuário deve estabelecer. Uma abordagem pode ser a busca do aumento da produtividade, e a outra pode ser a redução do consumo de insumos. Parece simples, mas a confrontação dessas duas visões tem muitos desdobramentos e compromissos.

Num primeiro momento, especialmente para aqueles que adotam AP apenas com base na amostragem de solo em grade, as maiores chances estão na economia de calcário e de fertilizantes, com a aplicação destes em dose variada dentro de cada talhão. Este tem sido o resultado para a maioria dos usuários, a exemplo do que é demonstrado por MENEGATTI et al. (2006) ao analisarem dois cenários de utilização de fertilizantes e corretivos em lavouras de cana-de-açúcar em larga escala, indicando que a prática anterior, de aplicação de dose única, resultava em erro para mais, o que é perfeitamente compreensível quando a tomada de decisão pela recomendação de uma dose para toda a lavoura é feita de forma conservadora.

A busca por maiores produtividades com o uso de AP implica em estratégias mais elaboradas que normalmente estão associadas àqueles usuários que investiram mais em dados e conhecimento e dispõem de mapas de produtividade. Em AP, atestar aumento de produtividade não é algo que se faz simplesmente comparando resultados de fechamento entre safras. No entanto, para aqueles que optam por fazer intervenções na fertilidade do solo, mesmo que apenas com base nas amostragens, é de se esperar que com a realocação sejam diminuídos os desequilíbrios e, num segundo, momento a produtividade das culturas tenda a melhorar.

Sobre esse aspecto, nas lavouras de grãos, em plantio direto, por exemplo, a opção pela economia de insumos, especialmente em anos

em que os preços do produto estão baixos, parece ser uma boa seleção. Já um produtor de café, que tem um valor agregado significativamente maior, não pode focar redução de consumo de insumos mas, sim, a busca pelo aumento de produtividade e qualidade do produto, dentro dos limites econômicos.

Diretamente associado à aplicação de fertilizantes existem avanços recentes que devem ser acompanhados de perto. Um deles é a aplicação de fertilizantes nitrogenados em taxa variada com base na refletância das plantas em determinados comprimentos de ondas. Essa é uma área que tem recebido muito empenho por parte da pesquisa e da indústria. Tradicionalmente, trabalha-se com a obtenção de imagens multiespectrais, por satélite ou avião, para a geração de diagnósticos e recomendação. No entanto, sensores óticos com luz própria e para uso terrestre, próximo das plantas, têm sido usados, inclusive para leitura, interpretação e recomendação em tempo real.

Assim, também em outras áreas desenvolvem-se técnicas para mensurar alguma característica de planta ou de solo a fim de inferir sobre aspectos específicos de intervenção, na medida do possível, em tempo real. Espera-se que essas sejam, no futuro, práticas comuns, sustentáveis e mais acertadas do que aquelas de que se dispõe hoje para o gerenciamento das lavouras.

Oportunidades para a automação

O maior impulso que a AP teve, sem dúvida, foi com o surgimento do GPS, que, com a existência do GLONASS e o anúncio de outros sistemas, dão origem à sigla GNSS ou Sistemas de Navegação Global por Satélites. A pesquisa conduzida em 1929 por Linsley e Bauer, citados por STOMBAUGH et al. (2005), comprovou a variabilidade espacial da acidez do solo em que obtiveram reduções significativas nos custos da produção de grãos, sem o comprometimento da produtividade, realizando a aplicação diferenciada de calcário em uma área experimental. No entanto, somente no final da década de 1980, com a disponibilização de sinal de GPS, é que essa técnica se tornou viável e passou a ser predominantemente denominada de AP.

O primeiro usuário de tecnologia GPS na agricultura brasileira não foi especificamente para AP, mas sim na aviação agrícola, a partir de 1995. Nessa época, a única maneira de poder utilizar GPS era com alguma forma efetiva e prática de correção diferencial em tempo real. Esse sinal era suprido pelos próprios usuários a partir de estações temporariamente estacionárias, equipadas com rádio transmissor e, em 1997, surgiram os serviços de correção SBAS (MOLIN, 1998). No exterior, essa tecnologia teve início e grande aceitação inicial, em torno de 1992, na exploração florestal, onde a utilização de bandeiras é bastante dificultada pelas árvores.

A evolução natural para a orientação em faixas paralelas com os sistemas popularmente conhecidos como "barra de luz" deu origem aos sistemas de auto-esterçamento ou piloto automático. Estudos sobre veículos autônomos agrícolas, principalmente relacionados ao desenvolvimento do sistema de piloto automático surgiram no início de 1960. Apesar disso, apenas mais recentemente eles têm sido desenvolvidos com sucesso (REID, 2000).

Nos países de origem, o sistema de auto-esterçamento propicia aumento da capacidade de cultivar mais áreas com o mesmo maquinário em razão do aumento do número de horas trabalhadas, da maior velocidade alcançada e da redução da sobreposição. A pesquisa de Griffin (2004) mostrou que o tamanho ótimo da propriedade com o sistema de piloto automático com base em sinal de GPS é superior ao tamanho ótimo sem o uso da tecnologia. Além disso, essa diferença se deve à economia de tempo, uma vez que a utilização da tecnologia possibilita o aumento da velocidade, a redução da sobreposição e o acréscimo de horas trabalhadas por dia pelo operador. Outra conclusão a que o autor chegou diz respeito às taxas de arrendamento da terra. Com o sistema de piloto automático, observou que o produtor está disposto a pagar um valor superior por hectare arrendado até atingir o tamanho ótimo da propriedade. Nesse sentido, a tecnologia gera maior competição por terras e, conseqüentemente, maior taxa de arrendamento. Griffin et al. (2005) utilizaram um modelo de programação linear para analisar a viabilidade econômica dos sistemas de auto-orientação e de auto-esterçamento para produtores de milho nos Estados Unidos. Diferentes cenários foram comparados, tais como marcador de

espuma, marcador de linhas com discos, barra de luz e sistemas de piloto automático com diferentes níveis de precisão. Segundo os autores, os resultados indicaram que o sistema de piloto automático somente é lucrativo em situações em que se pode expandir o tamanho da propriedade. Holpp (2007) analisou o uso do sistema de orientação em faixas retas para produção de cereais. Os resultados encontrados apontam uma economia de tempo de 3 a 6 minutos por hectare ao ano; uma redução no uso de sementes, produtos de proteção à planta e fertilizantes, resultando em potenciais economias em torno de 6,3 a 7,3 (€) por hectare ao ano para a cultura de trigo; e, por fim, para sistemas de piloto automático com acurácia considerável, a necessidade de uma propriedade com aproximadamente 350 hectares, capaz, então, de compensar os custos anuais do sistema de orientação por meio de economias obtidas com o uso dessa tecnologia.

Essa automação, ligada à orientação e ao auto-esterçamento de veículos tem um significado muito expressivo para a agricultura porque provavelmente marca o início de uma jornada que não se sabe exatamente aonde vai chegar, mas certamente vai fomentar definitivamente a robótica aplicada à agricultura.

Retornando à essência da AP, que gira em torno da variabilidade espacial das lavouras e a necessidade de tratamentos localizados, existem duas grandes frentes de ação relacionadas à automação dos processos de tomada de decisão e de intervenção, preferentemente em tempo real; uma foca o solo e outra foca as plantas. O caminho que dá atenção às plantas assume que estas têm como expressar suas deficiências a partir de indicadores, e o indicador com mais potencial tem sido a reflectância da luz incidente, especialmente na região do visível e do infravermelho próximo.

Um dos aspectos mais relevantes do gerenciamento da fertilização das lavouras está no nitrogênio. Quando o suprimento de N excede da necessidade da cultura, o excesso é perdido por escoamento superficial e lixiviação, podendo contaminar ecossistemas aquáticos e o lençol freático (WOOD et al., 1993). Essa perda de nitrogênio para o ambiente representa também uma perda econômica para os agricultores. Entretanto, uma redução inapropriada no suprimento de

nitrogênio poderia resultar em redução de produtividade e, por conseqüência, perda econômica. Com esse dilema, a solução seria um método adequado de avaliar os teores de nitrogênio e sua variabilidade na lavoura. Sendo a produtividade determinada pelas condições da cultura nos estádios iniciais de desenvolvimento, faz-se necessário conhecer os teores de nitrogênio nesses estágios, para se aplicar taxas apropriadas, baseadas em avaliações acuradas das deficiências da cultura (HABOUDANE et al., 2002).

Para esse propósito, as técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas para avaliar as condições das culturas em relação ao nitrogênio. Propriedades espectrais, reflectância e transmitância das folhas são afetadas pela deficiência de nitrogênio (BLACKMER et al., 1996). Os sensores utilizados pelo sensoriamento remoto são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro eletromagnético e gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, quer seja na forma de imagem, quer na forma gráfica ou de tabelas. Os sistemas sensores são basicamente formados por uma parte óptica (coletor), constituída por lentes e espelhos, que têm o objetivo de captar e direcionar a energia proveniente dos alvos para os detectores. Quando o sistema sensor emite radiação e, após ter interagido com o alvo, capta a parte que voltou, o sistema é denominado ativo, por possuir sua própria fonte de radiação. Nesse caso, o sensor pode operar durante o dia ou à noite (MOREIRA, 2005). A iluminação natural nem sempre está disponível, como é o caso da presença de nuvens ou de horários noturnos, o que pode variar a intensidade e características espectrais dos alvos quando se utilizam sensores passivos.

Muitos pesquisadores usaram o sensoriamento remoto para estimar parâmetros das culturas como radiação fotossinteticamente ativa e índice de área foliar (BARET e GUYOT, 1991), conteúdo de clorofila nas folhas (TUMBO et al., 2002), cobertura do solo (BOISSARD et al., 1992), acumulação total de matéria seca (TUCKER et al., 1981), conteúdo de água (WAHEED et al., 2006), produtividade (FISCHER et al., 1993), conteúdo de nitrogênio (SOLIE et al., 2002), e muitas outras propriedades químicas da vegetação.

No estudo da resposta espectral de folhas verdes, Moreira (2000) constatou que, no intervalo de comprimentos de onda de 400 a 700 nm (faixa do visível), a reflectância é baixa, da ordem de 10%, com um suave aumento da resposta na região do verde (550 nm). Na faixa do infravermelho próximo (700 a 1300 nm), ocorre outro aumento na reflectância para valores próximos a 50%. Daí em diante, até 2500 nm (infravermelho médio - IVM), há um gradual decréscimo, aparecendo algumas feições de absorção pelo conteúdo de água líquida.

Na faixa visível, a queda da reflectância está associada à absorção pelos pigmentos foliares, principalmente pela clorofila. Na região do azul (A), a absorção ocorre nas proximidades do comprimento de onda de 445 nm e está associada à presença dos pigmentos xantofila, carotenos e clorofilas α e β . Na região do vermelho (V), apenas a clorofila atua, absorvendo energia em torno de 645 nm. Enquanto isso, o aumento de reflectância no infravermelho próximo (IVP) é devido à estrutura interna da folha como tamanho e formato das células, e quantidade de espaços intercelulares. Os índices espectrais de vegetação, ou simplesmente índices de vegetação (IV), podem ser definidos como a combinação de dados de duas ou mais bandas espectrais, selecionadas com o objetivo de melhorar a relação desses dados com os parâmetros da vegetação. São mais comumente utilizados os valores de reflectância, devido às dificuldades em interpretar e obter os resultados das medidas calibradas com valores de voltagem de saída, número digital e radiância (MOREIRA, 2000).

Inicialmente, Jordan (1969) propôs a razão entre as medidas espectrais dos comprimentos de onda de 800 e 675 nm para a determinação do índice de área foliar (IAF) em florestas. Essa relação entre comprimentos de onda do IVP e do V ficou conhecida mais tarde como índice de vegetação da razão simples (RVI - *Ratio Vegetation Index*). O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) surgiu em seguida, com o trabalho de Rouse et al. (1973), que encontraram uma relação entre medidas espectrais de duas bandas que melhor resolvia o problema das interferências do solo na resposta da vegetação e, também, diminuía as influências da atmosfera e das variações sazonais do ângulo do Sol. No entanto, a influência do solo, da atmosfera e da geometria de iluminação e visada não foi adequadamente eliminada,

tendo surgido diversas variações para o NDVI, na tentativa de obter um índice menos sensível a tais influências. Uma peculiaridade atribuída ao NDVI é a rápida saturação, que o torna insensível ao aumento da biomassa vegetal a partir de determinado estágio de desenvolvimento. Ou seja, o índice estabiliza em um patamar, apresentando um mesmo valor, mesmo com o aumento da densidade do dossel (MOREIRA, 2000).

Existem diversos fatores que interferem na obtenção dos índices de vegetação e que, para as mesmas condições de superfície, podem conduzir à obtenção de valores diferentes. Eles podem ser separados em dois grupos: fatores relacionados com a superfície observada e fatores relacionados com o processo de obtenção dos dados (GALVÃO et al., 1999). Fatores relacionados com a superfície observada incluem os aspectos intrínsecos à vegetação, que influenciam as medidas espectrais dos sensores. Fatores relacionados com o processo de obtenção dos dados envolvem as características de construção do sensor, como a largura e o posicionamento das bandas e a calibração do equipamento; a geometria de iluminação do Sol e de visada do sensor e os efeitos atmosféricos de absorção e espalhamento (MOREIRA, 2000). Em plantas estressadas, há um decréscimo na absorção pela clorofila, diminuindo também a reflectância no infravermelho devido a mudanças na estrutura das células da planta, e esse decréscimo leva a um aumento na reflectância no vermelho (AYALA-SILVA e BEYL, 2005).

Muitos estudos foram realizados para estimar a deficiência de nitrogênio, em milho (BLACKMER et al., 1996), trigo (STONE et al., 1996), feijão (THAI et al., 1998), algodão (SUI et al., 2005) e citros (MIN e LEE, 2005). Eles mostraram um grande potencial do uso de análise espectral para estimar a quantidade de nitrogênio nas culturas. Seus resultados mostram que a reflectância espectral é inversamente correlacionada com a quantidade de nitrogênio nas culturas.

Outros métodos podem ser utilizados para medir indiretamente o estresse de nitrogênio, como a quantidade de clorofila nas folhas, utilizando medidores de clorofila (PIEKIELEK et al., 1995). Wright et al. (2004), analisando fotografias aéreas e imagens de satélite, encontraram menor correlação com as variáveis da cultura do trigo do

que sensores terrestres, além de não ser possível obter sempre as imagens de satélite com a qualidade desejada devido a condições climáticas, como a presença de nuvens.

Outro índice utilizado foi correlacionar o conteúdo de N na planta combinando as bandas do verde (520-600 nm) e do infravermelho próximo (760-900 nm) (BAUSCH e DUKE, 1996). Os autores encontraram que o infravermelho próximo, normalizado, sobre o verde (IVP/verde), chamado de índice de reflectância do nitrogênio (NRI - *Nitrogen Reflectance Index*), poderia determinar a concentração total de N nas folhas em milho irrigado.

Stone et al. (1996) usaram um trator com os componentes de um sensor montados na frente para adquirir dados espectrais em trigo. O trator deslocava-se a uma velocidade de 3 km h⁻¹, e o sistema sensor estava programado para coletar dados na frequência de 10 leituras por segundo. Os autores obtiveram boa correlação entre a reflectância e a absorção de nitrogênio pela cultura ($r^2 = 0,64$ a $0,81$) para diferentes variedades de trigo. Taylor et al. (1998) usaram as mesmas configurações que Stone et al. (1996) para coletar dados espectrais de pastagens e também obtiveram boa correlação entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e a remoção de nitrogênio pela cultura ($r^2 = 0,75$).

Wright et al. (2004) encontraram maior correlação entre o índice de vegetação NDVI de um sensor comercial (GreenSeeker®) do que os índices de vegetação de imagens do satélite Quickbird II e imagens aéreas para a quantidade de nitrogênio aplicada na época da semeadura, quantidade de nitrogênio presente na folha bandeira, produtividade e teor de proteína em grãos de trigo. No mesmo trabalho Wright et al. (2004), mostraram que aplicações de nitrogênio no estágio de florescimento, em plantas de trigo deficientes em nitrogênio, aumentou significativamente a qualidade dos grãos, enquanto aplicação em plantas com N disponível teve pouco efeito sobre a qualidade dos grãos.

Schwab e Murdock (2004), correlacionando os valores de NDVI coletados com o mesmo sensor comercial não obtiveram boas correlações com a produtividade final, mas correlacionando com o INSEY (*in-season estimate of grain yield*), que é calculado dividindo o

NDVI pelo número de dias após a semeadura, afirmam que parece haver uma correlação ($r^2 = 0,55$). Kim et al. (2005), estudando dados de coleta com esse mesmo sensor em três épocas diferentes e dois tipos de sistemas de irrigação em cevada, encontraram correlações entre o NDVI e a dose de nitrogênio aplicada na semeadura de 63 a 90%, e correlações entre o NDVI e valores obtidos com um sensor de clorofila de 58% a 94%.

Estudos bastante recentes e ainda preliminares, no nosso meio, têm indicado o potencial do uso de sensores óticos ativos visando à detecção da deficiência de N, com bons resultados em culturas como trigo (POVH et al., 2007), cana-de-açúcar (INAMASU et al., 2006) e algodão (MOTOMIYA et al., 2007).

Com relação a sensores de solo, pode-se observar que os avanços, a quantidade de pesquisa e a diversidade de abordagens são ainda maiores que de plantas. O próprio penetrômetro, que mede a força de penetração de uma ponteira no solo, bem como as suas variações, tem sido utilizado para o diagnóstico da compactação pelo índice de cone (IC) desde os anos 1950. Uma ampla revisão sobre as suas aplicações e limitações foi feita por Perumpral (1987) e, mais recentemente, novas investidas têm agregado funções importantes, como a mensuração do teor de água do solo pela técnica de TDR (VAZ e HOPMANS, 2001). No mercado, já são disponíveis penetrômetros com células de carga e coleta de dados automatizada, o que agiliza a sua aplicação. No entanto, recentemente os alemães retomaram estudos que poderiam ser considerados já ultrapassados e observaram a necessidade de grande número de subamostras de IC para representar o estado de compactação de um ponto (DOMSCH et al., 2006). Muitos autores têm procurado medir a resistência mecânica horizontal do solo utilizando sensores de força em hastes (ADAMCHUK et al., 2001; HANQUET et al., 2004; ADAMCHUK e MOLIN, 2006), porém sua relação com a mensuração vertical não é tão evidente.

Outra grande frente de trabalho em solo tem sido a mensuração da condutividade elétrica e, hoje, é uma técnica já incorporada às práticas de prospecção em alguns países. A condutividade elétrica é influenciada por diversos fatores do solo como a porosidade,

concentração de eletrólitos dissolvidos, textura, quantidade e composição dos colóides, matéria orgânica e teor de água (RHOADES et al., 1976; NADLER e FRENKEL, 1980). Ela pode ser mensurada por contato direto com o solo, por meio de eletrodos, ou por indução eletromagnética. Alguns resultados recentes de pesquisas conduzidas no Brasil têm mostrado boa correlação entre a condutividade elétrica e o teor de argila do solo (MACHADO et al., 2006).

Os trabalhos com espectrofotometria de campo (SHIBUSAWA et al., 2005) têm avançado e, hoje, já se anuncia um equipamento comercial no Japão capaz de quantificar teor de água, matéria orgânica e componentes da textura. Da mesma forma, já se conhecem sensores de pH (ADAMCHUK et al., 1999; VISCARRA ROSSEL et al., 2005), sendo um desses já comercializado.

Existe ainda uma série de outras aplicações já pré-comerciais de automação da coleta de dados de características de solo e de plantas. Aplicações importantes e promissoras são aquelas que visam a detecção de plantas invasoras, e vários princípios têm sido estudados, desde a reflectância até a textura de imagens para a diferenciação de plântulas na aplicação localizada de herbicidas. Da mesma forma, na área relacionada ao diagnóstico de doenças, algum progresso tem sido observado com sensores que medem a fluorescência da clorofila das folhas, sem a interferência da movimentação das folhas pelo vento no campo (OUNIS et al., 2001). Com isso, é possível a detecção de alguns tipos de manifestação de doenças em plantas.

Percebe-se que a substituição das decisões, tanto de gestores como de operadores, por sistemas inteligentes, é uma tendência e uma necessidade. O desenvolvimento de equipamentos que utilizem os princípios já conhecidos e aplicados em outras áreas, personalizados para a agricultura moderna é uma necessidade e a AP está pressionando para que essas soluções surjam o mais rápido possível. A continuidade e expansão da agricultura extensiva, combinadas com as exigências e detalhamentos da AP, só serão possíveis com a automação de parte significativa das decisões e ações hoje realizadas por humanos.

Referências

ADAMCHUK, V. I.; MOLIN, J. P. Hastes instrumentadas para a mensuração da resistência mecânica do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 161-169, 2006.

ADAMCHUK, V. I.; MORGAN, M. T.; ESS, D. R. An automated sampling system for measuring soil pH. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 4, p. 885-891, 1999.

ADAMCHUK, V. I.; MORGAN, M. T.; SUMALI, H. Application of a strain gauge array to estimate soil mechanical impedance on-the-go. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 44, n. 6, p. 1377-1383, 2001.

AYALA-SILVA, T.; BEYL, C. A. Changes in spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrient deficiency. **Advances in Space Research**, Elmsford, v. 35, p. 305-317, 2005.

BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 35, p. 161-173, 1991.

BAUSCH, W. C.; DUKE, H. R. Remote sensing of plant nitrogen status in corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 5, p. 1869-1875, 1996.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S.; VARVEL, G. E.; WALTER-SHEA, E. A. Nitrogen deficiency detection using reflected shortwave radiation from irrigated corn canopies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 1-5, 1996.

BOISSARD, P.; POINTEL, J. G.; TRANCHEFORT, J. Estimation of the Ground Cover Ratio of a Wheat Canopy Using Radiometry. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 13, n. 9, p. 1681-1692, 1992.

DOMSCH, H.; EHLERT, D.; GIEBEL, A.; WITZKE, K.; BOESS, J. Evaluation of the soil penetration resistance along a transect to determine the loosening depth. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 7, p. 309-326, 2006.

EMBRAPA. **Tecnologia em mecanização no Brasil: Equipamentos e sistemas para o futuro**. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO PARA PROSPECÇÃO DE DEMANDAS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL, 1997, Sete Lagoas-MG. Disponível em: <<http://wwwbases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/gipap/seminario.doc>>. Acesso em: 15 out. 1999.

FISCHER, R. A.; HOWE, G. N.; IBRAHIM, Z. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer: I - Grain yield and protein content. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 33, p. 37-56, 1993.

GALVÃO, L. S.; VITORELLO, I.; FILHO, R. A. Effects of band positioning and bandwidth on NDVI measurements of tropical savannas. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 67, n. 2, p. 181-193, 1999.

GRIFFIN, T. How GPS auto-guidance affects existing farms. **SSMC Newsletter**, West Lafayette, June 2004. Disponível em: <<http://purdue.edu/ssmc>>. Acesso em: 20 set. 2007.

GRIFFIN, T.; LAMBERT, D.; LOWENBERG-DeBOER, J. Economics of lightbar and auto-guidance GPS navigation technologies. In: STAFFORD, (Ed.). **Precision Agriculture '05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 581-587.

HABOUDANE, D.; MILLER, J. R.; TREMBLAY, N.; ZARCO-TEJADA, P. J.; DEXTRAZE, L. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 81, p. 416-426, 2002.

HANQUET, B.; SIRJACOBS, D.; DESTAIN, M.-F. Analysis of Soil Variability Measured with a Soil Strength Sensor. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 5, p. 227-246, 2004.

HOLPP, M. Work-economics and financial aspects of parallel guidance systems for tractors. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., 2007, Skiathos. **Proceedings...** Skiathos: John Stafford, 2007. p. 1-6.

INAMASU, R. Y.; SOUSA, R. V.; PORTO, A. J. V.; FORTES, C. LUCHIARI, A.; SCHEPERS, J. S.; SHANAHAN, J. F.; FRANCIS, D. D. Acesso ao estado nutricional da cana-de-açúcar por meio de sensor ativo de refletância. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2., 2006, São Pedro, SP. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2006.

JORDAN, C. F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. **Ecology**, Washington, v. 50, n. 4, p. 663-666, 1969.

KIM, Y.; EVANS, R. G.; WADDELL, J. **Evaluation of in-field optical sensor for nitrogen assessment of barley in two irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 2005. 10 p. (ASAE Paper, PNW05-1004).

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; VALENCIA, L. I. O.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; SILVA, C. A.; ANDRADE, A. G. A.; MADARI, B. E.; MEIRELLES, M. S. P. M. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 1023-1031, 2006.

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P.; GÓES, S. L.; KORNDORFER, G. H.; SOARES, R. A. B.; LIMA, E. A. Benefícios econômicos e agronômicos da adoção de agricultura de precisão em usinas de açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - CONBAP, 2., 2006, São Pedro. **Anais...** Piracicaba : USP/ESALQ, 2006.

MIN, M.; LEE, W. S. Determination of significant wavelengths and prediction of nitrogen content for citrus. **Transactions of the ASAE**, v. 48, n. 2, p. 455-461, 2005

MOLIN, J. P. Orientação de aeronave agrícola por DGPS comparada com sistema convencional por bandeiras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 62-70, 1998.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 320 p.

MOREIRA, R. C. **Influência do posicionamento e da largura de**

bandas de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação. 2000. 179 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. (INPE-7528-TDI/735).

MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. S.; LIMA, V. P. T.; CHIAVEGATO, E. J.; FRASSON, F. R. Sensoriamento remoto na detecção de deficiência de nitrogênio em algodoeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 299-304.

NADLER, A.; FRENKEL, H. Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurements by the four electrode method. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 1216-1221, 1980.

OUNIS, A.; CEROVIC, Z. G.; BRIANTAIS, J. M.; MOYA, I. Dual-excitation FLIDAR for the estimation of epidermal UV absorption in leaves and canopies. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 76, p. 33-48, 2001.

PERUMPRAL, J. V. Cone penetrometer applications: A review. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 4, p. 939-944, 1987.

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H.; TOTH, J. D.; MACNEAL, K. E. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 403-408, 1995.

POVH, F. P.; PAULETTI, V.; GIMENEZ, L. M.; SALVI, J. V.; FRASSON, F. R.; MOLIN, J. P. Avaliação de um sensor ótico ativo sob diferentes doses de nitrogênio em trigo In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2007.

REID, J.F. et al. Agricultural automatic guidance research in North America. **Computers and Electronic in Agriculture**, Amsterdam, v. 25, p. 155-167, 2000.

RHOADES, J. D.; RAATS, P. A. C.; PRATHER, R. J. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content and surface conductivity on

bulk soil electrical conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, p. 651-655, 1976.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: ERTS SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington, DC. **Proceedings...** Washington, DC: NASA, 1973. v. 1. p. 309-317.

SHIBUSAWA, S.; EHARA, K.; OKAYAMA, T.; UMEDA, H.; HIRAKO, S. A real-time multi-spectral soil sensor: predictability of soil moisture and organic matter content in a small field. In: STAFFORD, J. (Ed.). **Precision Agriculture '05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 495-502.

SCHUELLER, J. K. Review and integrating analysis of spatially variably crop control of crop production. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 33, p. 1-34, 1992.

SCHWAB, G. J.; MURDOCK, L. W. **Nitrogen fertilization of corn grown in Kentucky**. Kentucky: University of Kentucky, Lexington and Princeton, 2004.

SOLIE, J. B.; STONE, M. L.; RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V.; FREEMAN, K.; MULLEN, R.; NEEDHAM, D. E.; REED, S.; WASHMON, C. N. Real-time sensing and N fertilization with a field scale greenseeker™ applicator. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., 2002, Minneapolis. **Proceedings...** Madison: ASA; CSSA; SSSA, 2002. 1 CD-ROM.

STAFFORD, J. V. Implementing precision agriculture in the 21st century. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v. 76, n. 3, p. 267-275, jul. 2000.

STOMBAUGH, T.; COLE, J.; SHEARER, S.; KOOSTRA, B. A Test facility for evaluating dynamic GPS accuracy. In: STAFFORD, J. (Ed.). **Precision Agriculture '05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 605-612.

STONE, M. L.; SOLIE, J. B.; WHITNEY, R. W.; RAUN, W. R.; LEES, W. L. **Sensors for detection of nitrogen in winter wheat**. St. Joseph: ASAE, 1996. (ASAE Paper, 96-1757). Disponível em:

<<http://biosystems.okstate.edu/Home/mstone/papers/N-Sens/N-Sens.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2007.

SUI, R.; WILKERSON, J. B.; HART, W. E.; WILHELM, L. R.; HOWARD, D. D. Multi-spectral sensor for detection of nitrogen status in cotton. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 21, n. 2, p. 167-172, 2005.

TAYLOR, S. L.; RAUN, W. R.; SOLIE, J. B.; JOHNSON, G. V.; STONE, M. L.; WHITNEY, R. W. Use of spectral radiance for correcting nitrogen deficiencies and estimating soil test variability in an established Bermuda grass pasture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 11, p. 2287-2302, 1998.

THAI, C. N.; EVANS, M. D.; DENG, X.; THEISEN, A. F. **Visible & NIR imaging of bush beans grown under different nitrogen treatments**. St. Joseph: ASAE, 1998. 10 p. (ASAE Paper, 98-3074).

TUCKER, C. J.; HOLBEN, B. N.; ELGIN JUNIOR, J. H.; McMURTREY, J. E. Remote Sensing of Total Dry-Matter Accumulation in Winter Wheat. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 11, p. 171-189, 1981.

TUMBO, S. D.; WAGNER, D. G.; HEINEMANN, P. H. Hyperspectral characteristics of corn plants under different chlorophyll levels. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 45, n. 3, p. 815-823, 2002.

VAZ, C. M. P.; HOPMANS, J. W. Simultaneous measurement of soil strength and water content with a combined penetrometer-moisture probe. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 4-12, 2001.

VISCARRA ROSSEL, R. A.; GILBERTSON, M.; THYLÉN, L.; HANSEN, O.; McVEY, S.; McBRATNEY, A. B. Field measurements of soil pH and lime requirement using an on-the-go soil pH and lime requirement measurement system. STAFFORD, J. (Ed.). **Precision Agriculture '05**. Wageningen: Academic Publishers, 2005. p. 511-520.

WAHEED, T.; BONNELL, R. B.; PRASCHER, S. O.; PAULET, E. Measuring performance in precision agriculture: CART – A decision

tree approach. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 84, n. 1/2, p. 173-185, 2006.

WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; HIMELRICK, D.G. Relationship between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. **Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand**, [S. l.], v. 23, p. 1-9, 1993.

WRIGHT, D. L.; RASMUSSEN, V. P.; RAMSEY, R. D.; BAKER, D. J.; ELLSWORTH, J. W. Canopy reflectance estimation of wheat nitrogen content for grain protein management. **GIScience and Remote Sensing**, Columbia, v. 41, n. 4, p. 287-300, 2004.

Desafios no desenvolvimento de tecnologia para a produção de biodiesel no Brasil

Murilo Daniel de Mello Innocentini

Introdução

Desde o começo do século 20, os combustíveis derivados do petróleo têm sido a principal fonte de energia mundial. No entanto, previsões de que esse recurso deve chegar ao fim em um futuro próximo, somadas às crescentes preocupações com o ambiente, têm instigado a busca de fontes de energia renovável.

O uso de óleos vegetais em motores de combustão interna teve início com a própria invenção do motor do ciclo diesel. Em 1898, Rudolf Diesel demonstrou sua invenção na Feira Mundial em Paris, usando óleo de amendoim como combustível. Sua intenção era oferecer um meio de pequenas indústrias, fazendeiros e pessoas comuns competirem com o monopólio de grandes indústrias, que controlavam toda a produção de energia naquela época. A idéia era o uso de fontes naturais de combustível, como biomassa. Em 1913, Diesel desapareceu do navio em uma viagem à Inglaterra. Não se sabe se foi suicídio, acidente ou homicídio, uma vez que ele se opunha fortemente ao uso de seus motores com fins bélicos pela Alemanha. A partir daí, fatores de natureza econômica, principalmente o maior custo e a menor disponibilidade perante aos derivados de petróleo, levaram ao completo abandono dos óleos vegetais como combustíveis até a metade do século 20.

A diferença de propriedades entre o combustível denominado diesel e os óleos vegetais resulta principalmente da diversidade molecular entre esses dois grupos de substâncias. O diesel é constituído de hidrocarbonetos com número médio de carbonos em torno de 14 a 16. Os óleos vegetais são triésteres da glicerina, ou seja, produtos

naturais da condensação da glicerina com ácidos graxos, cujas cadeias laterais de ácidos graxos têm números de carbonos variando entre dez e dezoito, com valor médio de quatorze a dezoito para os tipos de óleos mais abundantes. Além da presença do agrupamento funcional do tipo de éster, os óleos vegetais possuem peso molecular cerca de três vezes maior que o diesel. Essa diferença de estrutura química entre diesel e óleos vegetais resulta em diferentes propriedades físicas e químicas. Além de serem mais viscosos, dificultando a alimentação no motor, os óleos vegetais apresentam subprodutos durante a queima que podem danificar o motor ou causar problemas ambientais (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998; PARENTE, 2003).

Uma das alternativas para o aproveitamento de matérias-primas oleaginosas envolve a quebra das moléculas de triglicerídeos em moléculas menores através da reação entre os óleos vegetais e um álcool, normalmente metanol ou etanol. O produto dessa reação, denominada de transesterificação, é uma combinação de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, denominados genericamente de biodiesel. O outro produto da reação é a glicerina, uma matéria-prima importante na indústria química, de alimentos e de cosméticos.

Pode-se dizer que o biodiesel tem características similares ao diesel no que diz respeito à viscosidade, densidade, capacidade calorífica e pode ser usado puro ou misturado ao diesel em qualquer proporção para movimentar o motor, sem que seja necessária modificação alguma (PARENTE, 2003). A queima do biodiesel gera 98% menos enxofre, responsável pela chuva ácida e problemas respiratórios, 78% menos gases de efeito estufa e 50% menos material particulado (fumaça preta), que também é responsável por problemas respiratórios. Além disso, o biodiesel tem número de cetano equivalente ao diesel (mesmo poder energético de queima), possui teor médio de oxigênio em torno de 11% e possui maior ponto de fulgor que o diesel convencional. Além dessas vantagens, o biodiesel produzido a partir de etanol possui um ciclo fechado de carbono, ou seja, as emissões de CO₂ que ele gera são compatíveis com as absorvidas pelas plantações das oleaginosas e da cana-de-açúcar. Na sua forma pura, o biodiesel pode ser armazenado em qualquer lugar onde o petróleo é armazenado, e pelo fato de ter maior ponto de

fusão, o seu transporte é mais seguro que do diesel, gasolina e álcool. A despeito de tais vantagens, a produção e o uso comercial do biodiesel até pouco tempo eram restritos a poucos países, como Alemanha, Estados Unidos, Austrália, Tailândia e Inglaterra. A principal razão da pouca disseminação é que uma das principais matérias-primas originalmente utilizadas é o álcool metílico, conhecido como metanol, que, na maioria dos casos, vem de fontes não renováveis como o petróleo, além de ser altamente tóxico e inflamável, inviabilizando a produção artesanal ou em pequenas unidades sem um rigoroso controle operacional.

No entanto, sabe-se há muito tempo que a produção de biodiesel pode seguir a rota etílica, ou seja, ser produzido através da reação do etanol com os óleos vegetais. Neste caso, o principal obstáculo é químico, uma vez que a separação de fases entre os produtos (ésteres etílicos e glicerina) é relativamente mais demorada e complexa (PARENTE, 2003). No entanto, o Brasil é o líder mundial na tecnologia de produção de álcool etílico. Isso tem motivado o crescente estudo de rotas químicas que facilitem a produção de ésteres etílicos, de modo de utilizar todo o potencial agrícola do Brasil. A possibilidade de produção de biodiesel no Brasil com o uso de óleo de soja e etanol é especialmente promissora, tendo em vista que o país é o segundo maior produtor de soja e de etanol do mundo. Por possuir uma cadeia produtiva já desenvolvida, o óleo de soja pode ser o carro-chefe para a produção de biodiesel no Brasil, abrindo as portas para as demais oleaginosas.

O biodiesel pode também ocasionar uma maior estabilidade em relação ao suprimento de combustível em áreas isoladas e de difícil acesso, que estão longe dos centros de distribuição, e aonde o diesel chega com preço elevado pelos gastos com transporte. Muitas propriedades rurais dispõem das matérias-primas para a produção do biodiesel, que poderia ser uma opção de energia extremamente inovadora e útil para muitos agricultores (PENTEADO, 2005).

A química do biodiesel

Óleos vegetais e gorduras são formados predominantemente de triglicerídeos, que são triésteres, produtos da condensação entre uma

molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos (MORETTO e FETT, 1998). A reação de transesterificação de cada molécula de triglicerídeo com três moléculas de álcool resulta na formação de três moléculas de monoésteres e uma molécula de glicerol, conforme esquematizado na Figura 1. Desta forma, biodiesel é o nome genérico dada à mistura de monoésteres resultante da transesterificação de triglicerídeos presentes em óleos e gorduras.

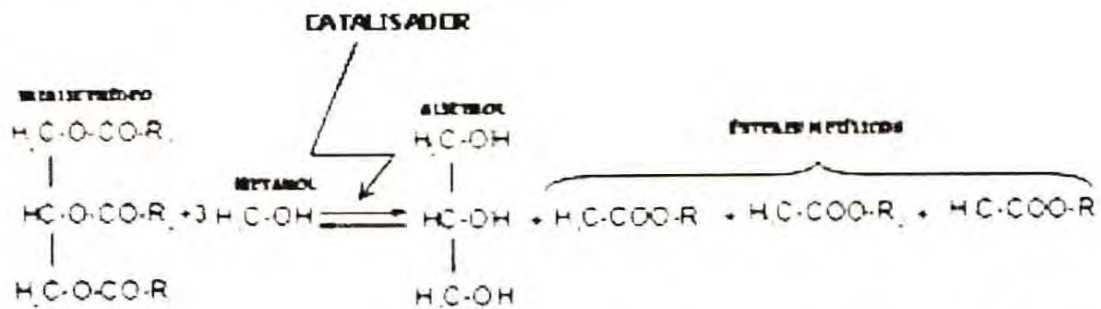


Fig. 1. Esquematização de reação de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais para a produção de biodiesel.

Um catalisador é normalmente utilizado para aumentar a velocidade e o rendimento da reação, e uma vez que a reação é reversível, excesso de álcool é usado para deslocar o equilíbrio para o lado dos produtos. Álcoois são geralmente os alifáticos monoidrídicos primários e secundários, tendo entre 1 e 8 átomos de carbono, sendo os principais exemplos: metanol, etanol, propanol e butanol (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998). Metanol e etanol são usados mais freqüentemente, por causa do baixo custo e de suas vantagens químicas e físicas (são os menores e mais polares álcoois). O álcool reage rapidamente com triglicerídeos e o NaOH é facilmente dissolvido nele. Para completar a reação de transesterificação estequiometricamente, uma razão molar 3:1 de álcool-triglicerídeo é necessária. Na prática, a razão necessita ser mais alta para deslocar o equilíbrio para o máximo rendimento de ésteres (até 6:1). A reação pode ser catalisada por álcalis, ácidos ou enzimas (SCHUCHARDT, et al., 1998). Os álcalis incluem o NaOH, KOH, carbonatos e alcóxidos de sódio e potássio. Ácido sulfúrico, ácidos sulfônicos e ácido hidrolórico são usualmente usados como catalisadores ácidos (VICENTE et al., 2004). Lipases também podem ser usadas como biocatalisadores (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998). A

maior parte dos trabalhos aponta vantagens para o processo de catálise alcalina, onde se observa maior rendimento e seletividade, além de apresentar menores problemas relacionados à corrosão dos equipamentos (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998; VICENTE et al., 2004).

O hidróxido de potássio (KOH), apesar de mais caro que o hidróxido de sódio (NaOH), vem sendo usado com vantagens na separação do óleo transesterificado e glicerol. A utilização de catalisadores heterogêneos ácidos ou básicos é bem menos estudada que os sistemas homogêneos no processo de transesterificação, embora vantagens como a menor contaminação de produtos, a facilidade de separação do catalisador do meio reacional e a diminuição dos problemas de corrosão favoreçam a utilização de sistemas heterogêneos. Por outro lado, esses sistemas podem apresentar problemas de transferência de massa, sobretudo em reações envolvendo moléculas de alto peso molecular (VICENTE et al., 2004).

Outro ponto importante é o equilíbrio da reação de transesterificação. A conversão de equilíbrio desse processo é usualmente baixa em temperaturas brandas. O deslocamento do equilíbrio favorecendo a produção de biodiesel pode ser obtido através da utilização de grandes excessos de álcool ou simplesmente retirando-se glicerol (subproduto), sendo este último o modo economicamente mais atraente. Contudo, a retirada de glicerol por decantação natural é muito lenta, o que dificulta o desenvolvimento de um processo contínuo. Torna-se necessário o estudo de alternativas como a centrifugação ou a utilização de aditivos que promovam a aglomeração das moléculas de glicerol, favorecendo assim a separação desse último (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT, et al., 1998; PARENTE, 2003).

Etapas do processo de produção de biodiesel

A Figura 2 apresenta um fluxograma típico de produção de biodiesel, a partir de uma capacidade total de 1000 L de mistura de reagentes (óleo e etanol). O processo inicia-se com a preparação do óleo vegetal, que é filtrado, processado com materiais alcalinos para remover ácidos graxos e então secado para eliminar umidade

residual. Esse óleo é então misturado sob vigorosa agitação a uma solução alcoólica contendo uma base forte (geralmente hidróxidos de sódio ou de potássio P.A.).

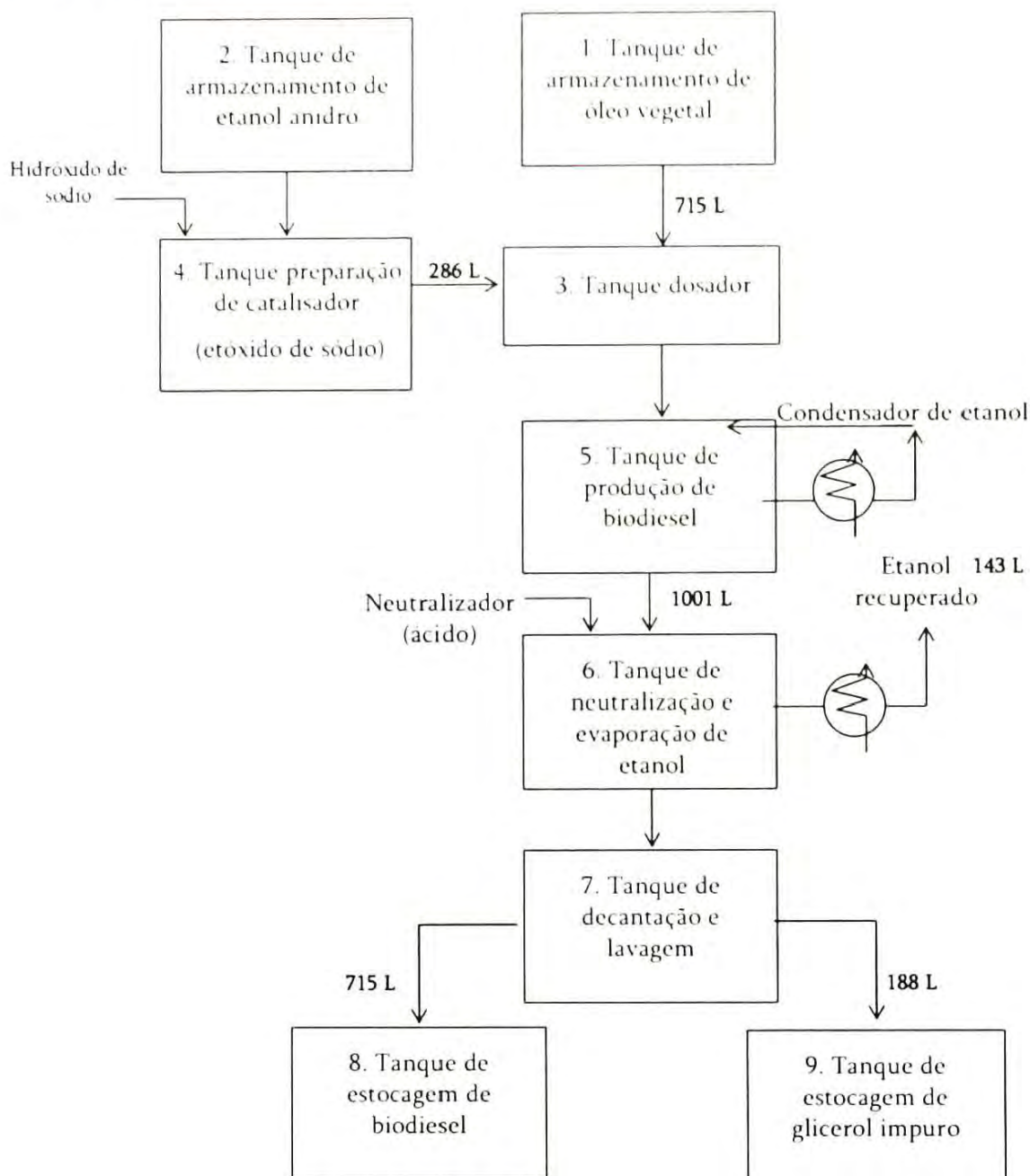


Fig. 2. Fluxograma produtivo típico de biodiesel pelas transesterificação alcalina de óleos vegetais.

A proporção molar de óleo e álcool é geralmente de 6:1 como forma de forçar o deslocamento do equilíbrio da reação para a formação de produtos. O teor de base forte dissolvida no álcool é de 0,5 a 2 g para cada 100 g de óleo. A reação ocorre de temperatura ambiente até 60°C durante cerca de 2 horas. Após esse período, a mistura é

colocada em repouso por um período de até 8 horas, para ocorrer a separação de fases: uma superior, contendo o biodiesel, e uma inferior, contendo o glicerol formado, etanol e os glicerídeos não convertidos. Após a separação das fases, o biodiesel é lavado por pulverização de água levemente acidificada para remover os materiais não convertidos e o metal alcalino presente (sódio ou potássio), que podem ser prejudiciais ao motor durante a queima. Após a lavagem, o biodiesel é filtrado e aquecido para a evaporação de umidade residual, quando então pode ser armazenado para consumo.

Além do combustível propriamente dito, o processo de transesterificação produz glicerol, que na forma bruta pode ser usado como sabão ou desengraxante. Depois de purificado, o glicerol tem diversos usos nobres, inclusive para a produção de cosméticos e na indústria farmacêutica.

Desafios na produção industrial de biodiesel

Muita discussão tem sido gerada a partir da afirmação que a produção de biodiesel pode ser disseminada ao pequeno agricultor, incentivando a agricultura familiar e facilitando o uso do combustível em locais de difícil acesso ou de difícil transporte do diesel do petróleo. Uma crítica comum é que a produção em pequena escala de biodiesel não é viável economicamente, da mesma forma que ocorre atualmente com a produção em pequena escala de álcool combustível (álcool hidratado). No entanto, é preciso considerar que a maioria do maquinário agrícola (tratores, colheitadeiras, roçadeiras, etc) é movido a diesel e não a álcool. Desta forma, o produtor encontra uma motivação direta para ter sua própria produção de combustível, além de que pode explorar fontes próprias de óleos e gorduras, barateando a produção. A falsa idéia de que o processo de produção de biodiesel é isento de problemas, aliada à grande disponibilidade de equipamentos no mercado, pode, contudo, levar à frustração muitos pequenos investidores.

Do ponto de vista químico, qualquer triglicerídeo pode ser convertido em biodiesel. Diversos aspectos, no entanto, devem ser considerados para que a reação de transesterificação em escala industrial seja bem sucedida. A seguir são discutidas algumas das principais dificuldades

para a viabilização de uma unidade produtora de biodiesel em pequena e média escala.

Necessidade de refino do óleo ou gordura

Óleos vegetais ou gorduras animais não são compostos apenas de triglicerídeos, mas também de pequenas quantidades de componentes não-glicerídeos (até 5% nos óleos vegetais brutos e até 2% nos óleos refinados). Dentre esses componentes, destacam-se os fosfatídeos (gomas), esteróis, álcoois graxos e seus ésteres (ceras), terpenóides (caroteno e tocoferóis), ácidos graxos livres, mono e diglicerídeos, umidade e sólidos (MORETTO e FETT, 1998). A Tabela 1 apresenta alguns dos componentes não-glicerídeos de vários óleos e gorduras não-refinados.

Tabela 1. Constituintes não-glicerídeos em óleos e gorduras não-refinados.

Óleo ou gordura	Fosfatídeos (%)	Esteróis (ppm)	Colesterol (ppm)	Tocoferol (ppm)	Tocotrienóis (ppm)
açafrão	0,5 ± 0,1	2373 ± 278	7 ± 7	460 ± 230	15 ± 15
algodão	0,8 ± 0,1	4560 ± 1870	68 ± 40	865 ± 35	30 ± 30
amendoim	0,35 ± 0,05	1878 ± 978	54 ± 54	482 ± 345	256 ± 216
canola	2,0 ± 1,0	8050 ± 3230	53 ± 27	692 ± 85	-
coco	< 0,07	805 ± 335	15 ± 9	6 ± 3	49 ± 22
girassol	0,7 ± 0,2	3495 ± 1055	26 ± 18	738 ± 82	270 ± 270
milho	1,25 ± 0,25	15050 ± 7100	57 ± 38	1477 ± 183	355 ± 355
oliva	< 0,1	100	< 0,5	110 ± 40	89 ± 89
palma	0,075 ± 0,025	2250 ± 250	16 ± 3	240 ± 60	560 ± 140
palmiste	< 0,07	1100 ± 310	25 ± 15	3	30 ± 30
soja	2,2 ± 1,0	2965 ± 1125	26 ± 7	1293 ± 300	86 ± 86
banha	< 0,05	1150 ± 50	3500 ± 500	-	-
sebo	< 0,07	1100 ± 300	1100 ± 300	-	-

Fonte: FOOD fats and oils (2006).

Sabe-se que muitos desses constituintes afetam a reação de transesterificação: a umidade inibe a ação de catalisadores alcalinos; ácidos graxos livres reagem com o hidróxido de sódio ou potássio, levando à formação de sabões; mono e diglicerídeos, por sua vez, são

agentes emulsificantes e promovem a miscibilidade entre o glicerol formado e o biodiesel, dificultando sua separação pós-reacional.

A conversão de óleos brutos em biodiesel ainda é sujeita à intensa investigação em literatura (VICENTE et al., 2004; LANG et al., 2001; DUFRECHE et al., 2007; MENEGHETTI et al., 2006; CRUZ et al., 2007; LOBO et al., 2007) e normalmente é viável apenas em laboratório, em condições reacionais muito específicas (uso de metanol, grande razão molar álcool/óleo, temperatura elevada, grande tempo reacional, etc.).

A estabilidade química de óleos logo após a extração é outro fator importante. Óleos de palma e babaçu, por exemplo, são rapidamente hidrolisados a ácidos graxos após a extração, tornando o processo de transesterificação por catálise alcalina ainda mais complexo.

Para todos os óleos e gorduras com elevada instabilidade química ou teor acentuado de componentes minoritários, o refino torna-se necessário para garantir condições ótimas de conversão em biodiesel, o que implica etapas adicionais no processamento ou então aquisição de matéria-prima previamente tratada, ambos fatores que encarecem o produto final.

As principais etapas do refino são degomagem (hidratação), neutralização (desacidificação), branqueamento (clarificação) e desodorização (MORETTO e FETT, 1998). Dependendo da composição química dos componentes minoritários, diferentes etapas são necessárias até a condição ideal de produção de biodiesel. Por exemplo, a degomagem e a neutralização do óleo de soja são suficientes para torná-lo viável à conversão em biodiesel industrialmente.

A viabilização econômica de uma unidade produtiva de biodiesel em pequena escala requer a escolha adequada de matérias-primas oleaginosas que apresentem poucas impurezas não-glicerídeas em sua composição, e deste modo que necessitem o mínimo pré-tratamento ou refino, barateando o custo da matéria-prima e diminuindo a complexidade tecnológica da produção de biodiesel. Embora a escolha de culturas de oleaginosas esteja vinculada às

características de solo e clima de cada região, o aspecto de dificuldade de refino deve ser levado também em conta.

Composição química de triglicerídeos em óleos e gorduras

Ao contrário do etanol, que tem sua fórmula química bem especificada ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) - e conseqüentemente suas propriedades físicas e químicas - o biodiesel, na verdade, é um nome genérico para uma família de ésteres e, por isso, tem uma grande variação de propriedades. Isso decorre do fato de que um óleo vegetal é composto de triglicerídeos com diferentes composições de ácidos graxos (MORETTO e FETT, 1998). Além da variação esperada entre espécies vegetais, a composição também pode variar dentro da mesma espécie, conforme a época de plantio, variedade da planta, condições climáticas, adubação e outros.

Para a elaboração da dosagem entre óleo e álcool para que a reação de transesterificação ocorra adequadamente, duas características dos óleos são muito importantes: a sua densidade e a sua massa molar média. Uma vez que a relação estequiométrica reacional entre óleo e álcool é em base molar (3 moles de álcool reagem com 1 mol de triglicerídeo), cada tipo de óleo necessita de uma quantidade específica de álcool para reagir. Da mesma forma, a quantidade ótima de catalisador é especificada em termos da massa do óleo, e não de seu volume. A Tabela 2 apresenta a densidade e a massa molar média de alguns óleos vegetais, bem como o volume de álcool (metanol e etanol) e a massa de catalisador requeridos para a reação de 1000 L de óleo.

Uma quantidade de catalisador abaixo da recomendada pode resultar em um tempo reacional maior para atingir o grau de conversão desejado; por outro lado, o seu uso excessivo pode acarretar a formação de emulsões de difícil separação durante a lavagem do biodiesel. Em relação ao álcool, o uso em excesso além do recomendado (6:1 molar) significa gastos adicionais com matéria-prima, enquanto que abaixo desta razão pode resultar em conversão incompleta, dada a característica reversível da reação de transesterificação.

Tabela 2. Características reacionais de diferentes óleos vegetais (para 1000 L de óleo).

Óleo ou gordura	Massa molar (g/mol)	Densidade 25°C (kg/m ³)	Massa óleo (kg)	Volume etanol ¹ (L)	Volume metanol ² (L)	Massa catalisador ³ (kg)
algodão	867,38	0,918	918	370	257	9,18
amendoim	885,02	0,919	919	363	252	9,19
babaçu	847,28	0,923	923	381	264	9,23
colza	959,04	0,914	914	333	231	9,14
girassol	877,22	0,925	925	369	256	9,25
linhaça	872,40	0,934	934	375	260	9,34
mamona	920,21	0,956	956	363	252	9,56
milho	872,81	0,923	923	370	256	9,23
soja	882,82	0,925	925	367	254	9,25

¹Baseado em proporção de 100% de excesso molar (6 moles de etanol para 1 mol de óleo). Massa molar do etanol = 46 g/mol. Densidade do etanol: 0,789 kg/L.

²Baseado em proporção de 100% de excesso molar (6 moles de metanol para 1 mol de óleo). Massa molar do metanol = 32 g/mol. Densidade do metanol: 0,792 kg/L.

³Baseada em proporção de 1% em massa de óleo (1 g de catalisador/100 g de óleo).

Outro aspecto reacional importante que deve ser considerado para a avaliação da viabilidade industrial de produção de biodiesel é a própria composição dos ácidos graxos presentes nos triglicerídeos (MORETTO e FETT, 1998). A nomenclatura de ácidos graxos e a composição presente em diferentes tipos de óleos são apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

O ponto de fusão de ácidos graxos aumenta com o tamanho da cadeia, porém diminui com a presença de insaturações (duplas ligações) ou hidroxilas. As propriedades do óleo e do biodiesel serão alteradas de forma similar por essas características dos ácidos graxos. É essa uma das razões pelas quais, independentemente do sucesso da transesterificação, o biodiesel proveniente de alguns tipos de óleos é mais problemático para atender determinadas especificações de qualidade, como viscosidade e ponto de névoa. Por exemplo, biodiesel de óleo de mamona tem viscosidade muito elevada, decorrente da presença da hidroxila (OH) em sua cadeia (LOBO, 2007). Biodiesel de sebo bovino, por outro lado, tem alto

ponto de fusão e pode se tornar turvo em baixas temperaturas, decorrente da cadeia saturada e do baixo peso molecular.

Tabela 3. Principais ácidos graxos em óleos vegetais.

Ácido graxo	Tipo ligação	Fórmula química	PF (°C)
caprílico	C8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16,5
capríco	C10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31,6
láurico	C12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44,8
mirístico	C14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54,4
palmitico	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	62,9
palmitolêico	C16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	0,0
esteárico	C18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	70,1
oleico	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	16,3
ricinoleico	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CHOHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	5,0
linoleico	C18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	5,0
linolenico	C18:3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	11,0
araquídico	C20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	76,1
gadoleico	C20:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	24,5
behenico	C22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	80,0
erúcico	C22:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	33,5

PF: ponto de fusão. Fonte: MORETTO e FETT, 1998.

Tabela 4. Composição típica de ácidos graxos de alguns óleos vegetais.

ácido graxo	soja	palma	canola	girassol	algodão	amendoim	milho	oliva	coco	mamona
caprílico	-	-	-	-	-	0,1	-	-	7,1	
capríco	-	-	0,6	0,2	-	-	3,9	7,3	-	
láurico	0,1	-	-	-	0,5	0,7	-	-	54,1	
mirístico	0,3	2,5	0,1	-	0,9	0,4	-	-	17,4	
palmitico	10,9	40,8	5,1	6,5	20	13,7	11,2	11,0	6,1	1,2
esteárico	3,2	3,6	2,1	4,5	3	2,3	1,8	2,2	1,6	1,8
oleico	24,0	45,2	57,9	21,0	25,9	-	25,4	77	5,1	3,5
ricinoleico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89,0
linoleico	54,5	7,9	24,7	68,0	48,8	47,8	60,3	8,9	1,3	4,5
linolenico	6,8	-	7,9	-	0,3	29,2	1,1	0,6	-	-
araquídico	0,1	-	0,2	-	-	1,3	0,0	-	-	-
gadoleico	-	-	1,0	-	-	1,2	-	0,3	-	-
behenico	0,1	-	0,2	-	-	3,0	-	-	-	-
erúcico	-	-	0,2	-	-	0,1	-	-	-	-
saturada	14,7	46,9	8,3	11,0	25,0	21,7	13,2	13,2	93,6	3,0
insaturada	85,3	53,1	91,7	89,0	75,0	78,3	86,8	86,8	6,4	97,0

Fonte: MORETTO e FETT, 1998.

As condições necessárias da reação de transesterificação também estão ligadas a essas características dos triglicerídeos. Por exemplo,

a conversão de sebo em biodiesel só ocorre com o aquecimento da mistura reacional, uma vez que em temperatura ambiente esta matéria-prima é sólida. Óleos e gorduras saturados (babaçu, coco, palma, sebo, etc) necessitam, assim, de processamento com aquecimento, ao passo que óleos insaturados podem ser processados com relativa facilidade mesmo em temperatura ambiente. Esse tipo de informação tem que ser considerado no planejamento do pequeno produtor de biodiesel, uma vez que, enquanto em grande escala as fontes térmicas são usualmente oriundas de caldeiras, em pequena escala elas são essencialmente viáveis tecnicamente por eletricidade, o que eleva os custos operacionais.

Tipo de álcool usado na transesterificação

Embora a transesterificação de óleos e gorduras possa ser feita com álcoois de vários pesos moleculares, na prática apenas o metanol (CH_3OH) e o etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) são usados industrialmente. Dentre as principais razões, encontram-se a maior disponibilidade no mercado e a elevada polaridade, que facilita a separação de fases após o período reacional (MA e HANNA, 1999; SCHUCHARDT et al., 1998; PARENTE, 2003). Mundialmente, a preferência tem sido pelo metanol, pois é o álcool de maior abundância e pode ser obtido diretamente do processamento do petróleo. Como consequência, a grande maioria dos estudos cinéticos e de otimização da reação de transesterificação encontrados na literatura é baseada no uso desse álcool, bem como toda a tecnologia industrial disponibilizada por empresas que montam unidades produtoras de biodiesel.

Para o Brasil, é interessante o uso do etanol para a produção de biodiesel. Primeiro, porque é uma matéria-prima de origem vegetal, portanto, de caráter renovável; segundo, porque o país é hoje o segundo maior produtor mundial de etanol, tendo toda a tecnologia produtiva amplamente dominada.

Do ponto de vista químico, o uso de etanol na reação de transesterificação tem vantagens e desvantagens, conforme ilustrado no Quadro 1. A maior desvantagem do etanol é o fato de que, devido à grande solubilidade em biodiesel e em glicerol, o seu uso requer cuidadoso controle estequiométrico para garantir que as duas fases

sejam separadas ao fim do processo reacional. Isso implica em cálculo adequado das proporções estequiométricas para minimizar a solubilidade de fases e minimizar o gasto deste reagente, conforme estabelecido na Tabela 2. O etanol em excesso também não pode ser reutilizado no processo, uma vez que não é anidro depois de recuperado por evaporação e condensação (PARENTE, 2003).

Os desafios tecnológicos envolvidos no uso do etanol para a produção em pequena escala são o desenvolvimento de rotas catalíticas que não sejam sensíveis à presença de água, permitindo o uso de etanol hidratado, e métodos de garantir a separação de fases glicerina e biodiesel, e naturalmente tendem a se tornar miscíveis na presença do etanol.

Quadro 1. Vantagens e desvantagens do uso de etanol para a produção de biodiesel.

Vantagens	Desvantagens
Produção de etanol no Brasil já é consolidada.	Os ésteres etílicos possuem maior afinidade à glicerina, dificultando a separação.
Produz biodiesel com um maior índice de cetano e maior lubricidade, se comparado ao biodiesel metílico.	O etanol deve ser anidro, para evitar a formação de sabões durante a reação de transesterificação e perda da atividade do catalisador alcalino.
Se for feito a partir da biomassa (como é o caso de quase toda a totalidade da produção brasileira), produz um combustível realmente renovável.	O etanol forma azeótropo quando misturado em água. Com isso, o excesso reacional não pode ser retornado ao processo antes de prévia desidratação.
Não é tão tóxico como o metanol.	Os equipamentos de processo da planta com rota etílica são maiores, pois o volume de etanol estequiométrico é maior que o volume de metanol.
Menor risco de incêndios.	Por causa dos impostos, hoje o preço do etanol anidro é maior que o do metanol. Assim, os custos de produção de biodiesel etílico são maiores que o metílico.

Separação de fases glicerina e biodiesel

Um aspecto químico importante na reação de transesterificação é o grau de conversão de triglicerídeos em biodiesel. Tanto em laboratório como na indústria, um modo de verificar essa conversão é pela observação de duas fases líquidas ao fim do período reacional. A fase superior, apolar, é rica em monoésteres etílicos ou metílicos (biodiesel), enquanto a fase inferior, polar, é rica em glicerol e impurezas e no catalisador alcalino. O problema é que, em muitos casos, não é possível observar a separação de fases, pois o glicerol e o biodiesel encontram-se miscíveis em apenas uma única fase. As causas principais podem ser:

- Presença de substâncias emulsificantes na matéria-prima graxa, como mono e diglicerídeos, fosfatídeos e ácidos graxos livres, razão pela qual o refino parcial ou total do óleo ou gordura é recomendado.
- Excesso de álcool além do recomendado estequiometricamente (6:1 base molar). O álcool em excesso é distribuído entre as duas fases resultantes: no caso de metanol, preferencialmente na fase glicerol; no caso de etanol, dividido praticamente em partes iguais na fase biodiesel e na fase glicerol. O uso de excesso molar de etanol acima do recomendado pode levar à formação de fase única, impedindo a separação e, conseqüentemente, a recuperação do biodiesel.
- Conversão parcial de triglicerídeos em biodiesel. Embora a transesterificação seja usualmente descrita conforme a Figura 1, na realidade, o processo é muito mais complexo. A reação de transesterificação ocorre segundo uma seqüência de 3 reações reversíveis, conforme esquematizado na Figura 3 (NOUREDDINI e ZHU, 1997; DARNOKO e CHERYAN, 2000).

Cada uma das reações *i*, *ii* e *iii* na Figura 3 produz uma molécula de biodiesel, mas apenas a reação *iii* produz glicerol; as reações *i* e *ii* produzem mono e diglicerídeos, respectivamente. Isso significa que, se a reação global for interrompida antes da reação *iii*, haverá biodiesel no meio reacional, porém não necessariamente haverá glicerol. A presença de mono e diglicerídeos, que atuam como emulsificantes, bem como o pouco glicerol formado, impede a separação de fases efetiva no meio reacional. Essa separação

permite que todo o catalisador alcalino (alcóxidos ou hidróxidos de sódio ou potássio) seja deslocado da fase biodiesel e migre para a fase glicerina, mais polar. Isso é muito importante, pois, durante a lavagem do biodiesel, a presença de sódio ou potássio, junto com resíduos de ácidos graxos e glicerídeos não convertidos, pode levar à formação de sabões e emulsificar a mistura água-biodiesel, causando grande perda no produto.

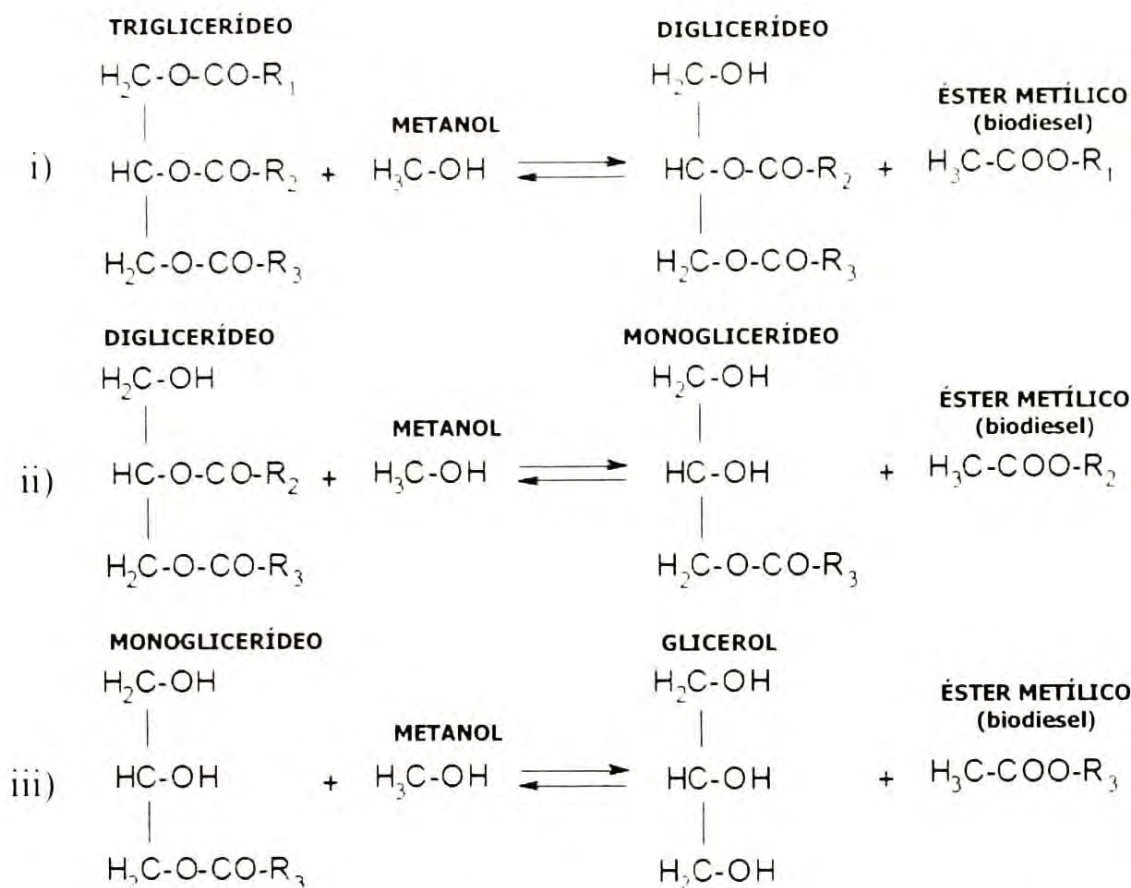


Fig. 3. Esquema de seqüência de reações consecutivas reversíveis na transesterificação de triglicerídeos.

Estudos cinéticos (NOUREDDINI e ZHU, 1997; DARNOKO e CHERYAN, 2000) têm mostrado que a reação *iii* é a mais lenta no processo de transesterificação, ou seja, rapidamente há a decomposição dos triglicerídeos, mas demora-se um certo tempo para o aparecimento do glicerol no meio reacional. Esse fato pode ser comprovado facilmente em laboratório: poucos segundos após adição de reagentes e catalisadores, observa-se uma alteração de viscosidade e de coloração no meio reacional; porém o aparecimento

de glicerol só é verificado pelo aumento da turbidez da mistura, que em geral ocorre após 10 minutos.

Em uma produção de biodiesel em pequena escala, a não-separação de fases após o período reacional é sempre problemática. A tentativa de forçar a separação das fases pela adição de água acidificada ou glicerol P.A. nem sempre é eficaz, pois caso a conversão dos produtos não tenha sido elevada, haverá mono e diglicerídeos no meio reacional e, portanto, agentes emulsificantes que prejudicarão a etapa de lavagem do biodiesel. Além disso, a adição de água interrompe irreversivelmente o processo catalítico alcalino.

Uma alternativa à adição de água acidificada é a pré-evaporação da mistura reacional, na tentativa de remover o excesso de etanol e, com isso, diminuir a miscibilidade entre biodiesel e glicerina, forçando a separação de fases. No entanto, uma vez que todas as reações são reversíveis, a eliminação de álcool pode causar o deslocamento das reações no sentido inverso, diminuindo ainda mais o rendimento em biodiesel e a quantidade de glicerol formado.

Os desafios que se encontram aqui para o pequeno produtor são como verificar o grau de avanço da reação e como garantir a formação do glicerol, para que haja a separação espontânea de fases. O melhor procedimento até o presente momento é o rigoroso controle de qualidade das matérias-primas graxas e alcoólicas, bem como pré-testes em laboratório para simular o desempenho em maior escala.

Lavagem do biodiesel

O processo de lavagem do biodiesel tem como finalidade remover todo o catalisador, glicerídeos não convertidos, excesso de álcool e impurezas diversas. O procedimento de lavagem é normalmente executado pela adição de água levemente acidificada (com ácidos fracos como acético e cítrico ou mesmo com ácidos fortes, como nítrico, clorídrico, sulfúrico ou fosfórico). A grande dificuldade nesta etapa está em promover o contato entre a água e o biodiesel sem que haja a formação de emulsões, que, além de serem difíceis de separar, causam perda de produto. O volume de água utilizado também deve ser minimizado, e aqui se encontra outro desafio para a produção em

pequena escala: em geral, em laboratório, são gastos até 2 litros de água para cada litro de biodiesel, de modo que as impurezas possam ser removidas e os padrões de qualidade da ANP atendidos. Em uma unidade industrial, a água passa a ser um insumo, que, quando não recuperado no processo por tratamento, deve ser adequadamente descartado. Os custos de captação da água e de descarte ou tratamento devem ser contabilizados, encarecendo ainda mais o processo caso este não seja adequadamente dimensionado.

Produção de biodiesel a partir de óleos alimentícios usados

Uma matéria-prima de grande interesse para a produção de biodiesel são os óleos alimentícios usados, provenientes de fritura e cozimento em estabelecimentos comerciais e nas residências em geral. Esses óleos, depois de utilizados, são descartados na maioria de vezes diretamente na pia, indo para as estações de tratamento de esgoto ou, muito freqüentemente, aos rios e outros corpos d'água. O dano ambiental causado pelo descarte inadequado de óleos é muito grande, começando pela carga orgânica elevada e dificuldade de remoção e tratamento. No entanto, o óleo de fritura usado pode ser convertido em biodiesel através da mesma reação de transesterificação utilizada com óleos brutos ou refinados (ALCÂNTARA et al., 2000; ENCINAR et al., 2005). Os maiores interessados pela produção em pequena escala de biodiesel de óleo usado de fritura não são os pequenos agricultores, mas sim proprietários de indústrias ou comércio que gerem esse resíduo em seus restaurantes. O biodiesel produzido poderia ser utilizado para o uso em motores estacionários na geração de energia elétrica. Prefeituras também podem encontrar nessa fonte de matéria-prima uma alternativa não somente para diminuir os custos de operação de estações de tratamento de esgoto, mas também para movimentar a frota de veículos a diesel.

Os desafios do uso de óleo de fritura usado para a produção de biodiesel são a caracterização da matéria-prima, cuja qualidade pode variar conforme a fonte, e o dimensionamento adequado das etapas de transformação, principalmente devido à dificuldade de separação de fases biodiesel e glicerina.

Aproveitamento do glicerol resultante do processo

Um aspecto muito pouco explorado na produção em pequena escala de biodiesel é o destino dos subprodutos da reação. A fase inferior decantada após o período reacional não contém apenas glicerol (cerca de 10% em massa do óleo), mas também parte do álcool em excesso, impurezas diversas, glicerídeos não-convertidos e sabões. Desta forma, o aproveitamento econômico do glicerol requer purificação, normalmente uma destilação ou tratamento químico por acidificação seguida de filtração. Em pequena escala, ambos processos de purificação não são viáveis economicamente.

A falta de alternativas para o tratamento ou disposição do subproduto da transesterificação pode induzir o pequeno produtor a cometer um sério erro: o uso do resíduo para queima em caldeira. Uma vez que glicerol e o álcool em excesso têm alto poder calorífico, sua queima é um atrativo para suprir as necessidades térmicas do próprio processo produtivo (aquecimento da mistura reacional, aquecimento da água de lavagem e eliminação de umidade residual do biodiesel após a lavagem). O principal problema dessa queima é ambiental: a combustão da glicerina pode levar à formação de acroleína, um componente gasoso irritante, altamente tóxico e cancerígeno. Outros compostos orgânicos voláteis, como aldeídos e cetonas, também podem ser eliminados na atmosfera, atuando como precursores de poluentes ainda mais danosos para o homem e para as plantas, como o ozônio de baixa altitude, que é um forte agente oxidante. Além disso, a queima em caldeira é um modo de eliminar um subproduto que de outro modo ocuparia espaço e exigiria armazenamento adequado. Considerando que o volume de resíduo de glicerol produzido em pequena escala é multiplicado pelo número de operações diárias e pelo número de pequenas unidades produtoras em operação, é possível constatar que um grande problema ambiental poderá surgir caso uma alternativa à queima em caldeira não seja desenvolvida.

O desafio tecnológico aqui é o desenvolvimento de rota de tratamento ou reuso do subproduto glicerólico formado na reação de biodiesel que seja mais atrativo ao pequeno produtor do que a queima não

controlada em caldeira. O estudo de condições de queima (temperatura, pressão, tempo de residência, etc) que impeçam a formação ou a liberação de componentes tóxicos para a atmosfera também é outra possibilidade, de modo a viabilizar o reaproveitamento térmico do glicerol.

Conclusões

O uso de matérias-primas renováveis para a produção de combustíveis do ciclo diesel tem se tornado uma realidade no cenário mundial, embora esta idéia tenha nascido junto ao próprio inventor do motor a diesel, Rudolf Diesel, no fim do século XIX. A previsão de escassez de combustíveis fósseis para as próximas décadas, aliada à necessidade de diminuição da emissão, sem compensação, de gases do efeito estufa na atmosfera, impulsionou o desenvolvimento nos últimos anos da tecnologia produtiva de combustíveis de fontes renováveis, como é o caso do biodiesel.

Dada a grande fatia ocupada pelo diesel do petróleo na matriz energética brasileira e mundial, iniciou-se a busca por fontes de matérias-primas que pudessem atender a demanda. Nesse aspecto, o Brasil encontra-se em posição privilegiada, não apenas por ser grande produtor de oleaginosas e de álcool, matérias-primas para o processo de produção de biodiesel, mas também por possuir grande extensão de solo agriculturável e boa diversidade de fontes de oleaginosas espalhadas pelas diferentes regiões do país.

A aparente simplicidade do processo reativo, aliada à possibilidade de exploração de diferentes matérias-primas oleaginosas, tem incentivado a produção de biodiesel em pequena escala, para uso desse combustível pelo próprio produtor. A grande disponibilidade de equipamentos no mercado para realizar a transesterificação em pequena escala, a preços acessíveis, também tem sido estímulo ao pequeno produtor.

A grande variação de propriedades das diferentes matérias-primas oleaginosas disponíveis traz, contudo, desafios à produção de biodiesel, principalmente em relação à viabilidade técnica do processo reacional. Vários aspectos químicos e operacionais devem ser

cuidadosamente analisados antes de tornar uma unidade produtiva viável. A necessidade de refino do óleo ou gordura, a composição química de seus ácidos graxos, o tipo de álcool usado na transesterificação, a separação de fases após a etapa reacional, a lavagem do biodiesel e o reaproveitamento econômico do glicerol formado são todos fatores que devem ser levados em consideração no desenvolvimento de tecnologia acessível ao pequeno produtor. Aparentemente simples, a reação de transesterificação é, na realidade complexa e, uma vez mal conduzida no reator, são pequenas as chances de acerto no produto, para que o biodiesel atenda aos padrões de qualidade esperados.

A formação de mão-de-obra qualificada para atuar no processo de transesterificação também é outro fator que contribuirá para a disseminação bem sucedida de tecnologia para produzir biodiesel em pequena escala.

Referências

- ALCÂNTARA, R.; AMORES, J.; CANOIRA, L.; FIDALGO, E.; FIDALGO, M. J.; FRANCO, M. J.; NAVARRO, A. Catalytic production of biodiesel from soy-bean oil, used frying oil and tallow. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 18, p. 515-527, 2000.
- CRUZ; R. S.; ALMEIDA NETO, J. A.; OLIVEIRA, A. M.; ROCHA, V. A.; SANTOS. V. Produção de biodiesel em escala piloto: Parte 1- Aspectos tecnológicos e controle de qualidade. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., Disponível em:
<http://www.biodiesel.gov.br/rede_arquivos/rede_publicacoes.htm>. Acesso em: 15 jul. 2007.
- DARNOKO, D.; CHERYAN, M. Kinetics of palm oil transesterification in a batch reactor. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 77, n. 12, p. 1263-1267, 2000.
- DUFRECHE, S.; HERNANDEZ, R.; FRENCH, T; SPARKS, D.; ZAPPI, M.; ALLEY, E. Extraction of lipids from municipal wastewater plant

microorganisms for production of biodiesel. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 84, p. 181–187, 2007.

ENCINAR, J. M.; GONZALEZ, J. F.; REINARES, A. R. Biodiesel from used frying oil. Variables affecting the yields and characteristics of the Biodiesel. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, v. 44, p. 5491-5499, 2005.

FOOD fats and oils. Washington, DC: Institute of Shortening and Edible Oils, 2006. Disponível em:
<<http://www.iseo.org/FoodFatsOils2006.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2007).

LANG, X.; DALAI, A. K.; BAKHSHI, N. N.; REANEY, M. J.; HERTZ, P. B. Preparation and characterization of biodiesels from various bio-oils. **Bioresource Technology**, Essex, v. 80, p. 53-62, 2001.

LOBO, I. P.; XAVIER, G. S.; ALMEIDA NETO, J. A.; TEIXEIRA, L. S. G.; PARENTE JÚNIOR, E. S.; OLIVEIRA, A. M.; CRUZ, R. S. Produção de biodiesel a partir do óleo de mamona em planta piloto. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1. Disponível em:
<http://www.biodiesel.gov.br/rede_arquivos/rede_publicacoes.htm>. Acesso em: 15 jul. 2007.

MA, F.; HANNA, M. Biodiesel production: – A review. **Bioresource Technology**, Essex, v. 70, p. 1-15, 1999.

MENEGHETTI, S. M. P.; MENEGHETTI, M. R.; WOLF, C. R.; SILVA, E. C.; LIMA, G. E. S.; COIMBRA, M. A.; SOLETTI, J. I.; CARVALHO, S. H. V. Ethanolysis of Castor and Cottonseed Oil: A Systematic Study Using Classical Catalysts. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 83, n. 9, p. 819-822, 2006.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1998. 150 p.

NOUREDDINI, H.; ZHU, D. Kinetics of transesterification of soybean oil. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 74, n. 11, p. 1457-1463, 1997.

PARENTE, E. J. S. **Uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, Ceará: [S. n.], 30 mar. 2003. Disponível em: <www.tecbio.com.br>. Acesso em: 15 jul. 2007.

PENTEADO, M. C. P. S. **Especificação dos gargalos e estabelecimento de um plano de ação para o sucesso de programa brasileiro de biodiesel**. 2005. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R. M. Transesterification of vegetable oils: A review. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 199-210, 1998.

VICENTE, G.; MARTINEZ, M.; ARACIL, J. Integrated Biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. **Bioresource Technology**, Essex, v. 92, p. 297-305, 2004.

Contribuições tecnológicas da Embrapa para a agricultura tropical: conquistas, futuros desafios e oportunidades

Silvio Crestana

Ricardo Alamino Figueiredo

A tecnologia no passado e no presente

Desde a fabricação de ferramentas de pedra e a descoberta do fogo, aos últimos achados em física quântica na atual sociedade do conhecimento, o homem vem, por meio de sua criatividade, gerando tecnologias que mudam seu entendimento do tempo e do espaço. Isso tem influenciado seu modo de interagir nos grupos e com o meio ambiente em que vive. As condições de seu meio natural, aliadas à sua capacidade de se inovar, se recriar e adaptar-se a realidades distintas, têm permitido sua sobrevivência e evolução há mais de cem mil anos.

A globalização dos dias de hoje é um claro exemplo de processo induzido e acelerado pela tecnologia. A evolução tecnológica provocou mudanças de curso na rotina do homem, que se estenderam sobre seu pensamento e modo de realizar suas atividades. Extrapolando o início do processo de interação mundial para tempos mais remotos, podemos observar a tecnologia das caravelas, por exemplo, como uma possibilidade disponibilizada aos colonizadores do Velho Mundo para abrirem suas mentes para a esfera global, viabilizando o acesso a novas terras, fontes de recursos, de mercado e de contato com diferentes povos de além-mar. De lá para cá, considerando a revolução industrial e a revolução da informação e do conhecimento - com sua rede mundial de comunicação e da evolução das ferramentas de gestão -, observa-se uma corrida de transformações econômicas e sócio culturais cada vez mais veloz.

Neste contexto temporal e de comportamentos, a agricultura acompanha a saga do homem sobre a Terra há cerca de dez mil anos. No Brasil, esta importante atividade humana também tem sua trajetória de lutas, sofrimentos e conquistas. Assim, quando se passa um rápido olhar sobre a história recente da silenciosa revolução que ocorreu na agricultura brasileira, dois importantes pontos podem ser colocados à reflexão: I) O quanto se é capaz de realizar, quando existe um ambiente e um conjunto de atores e forças orientados em torno de uma agenda comum e; II) O quanto a atenção analítica sobre as imperfeições do passado auxilia na equação de novas soluções para o futuro.

A construção do conhecimento em agricultura tropical no Brasil e seus impactos

Não obstante toda a extensão territorial brasileira, biodiversidade, disponibilidade de água e sol, o país desde o seu descobrimento não se destacava em atividades além do extrativismo (pau-brasil, borracha, ouro e pedras preciosas) e de algumas monoculturas (cana-de-açúcar e café) viabilizadas em grande parte devido à mão-de-obra escrava. Assim, todo o particular potencial agrícola da nação foi por muito tempo subestimado ou desvalorizado pela sociedade.

Saltando para um passado pouco distante, a agricultura no Brasil antes de 1970 atravessava inúmeras e sérias dificuldades, como baixa produção agrícola e de poucos itens, baixa produtividade, quebras de safra, crises de abastecimento e alimentos caros, inflação e pobreza, políticas agrícolas inadequadas, ausência institucional (educação agrícola, pesquisa, mercado, mídia, governamental, etc.), falta de conhecimento específico sobre a agricultura tropical, além da baixa auto-estima do homem do campo, entre outras. Entendeu-se então, na época, que havia como grande desafio o dever de mudar de uma agricultura até então aplicada aos trópicos, para uma agricultura tropical.

Diante de tal cenário, iniciou-se um intenso trabalho de desenvolvimento de políticas públicas, construção das instituições e do conhecimento em agricultura tropical. No âmbito das políticas públicas, foram contemplados o crédito agrícola nos aspectos terra e tecnologia (sementes, insumos, maquinários, equipamentos, irrigação), o mercado agrícola, incluindo preços mínimos e estoques reguladores,

seguro de riscos, educação, pesquisa e extensão para o setor agrícola, bem como infra-estrutura para armazenamento e escoamento da produção. Em conjunto, trabalhou-se a construção das instituições como a rede de graduação em ciências agrárias, a rede de pesquisa agropecuária (Embrapa e Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária - SNPA, englobando as Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária), organização de cadeias de produção agrícola, modernização da agroindústria tropical, novos modelos de mercado (*tradings*, mercado futuro de *commodities* etc.).

Na área das instituições, ressalta-se a criação da Embrapa, em 1973, que teve como importante marco inicial, um intensivo programa de treinamento de pesquisadores nas melhores universidades do mundo. Isso permitiu uma evolução de seu quadro de doutores de cerca de apenas 15 em 1974, para mais de 1.500 em 2007 (Fig. 1).

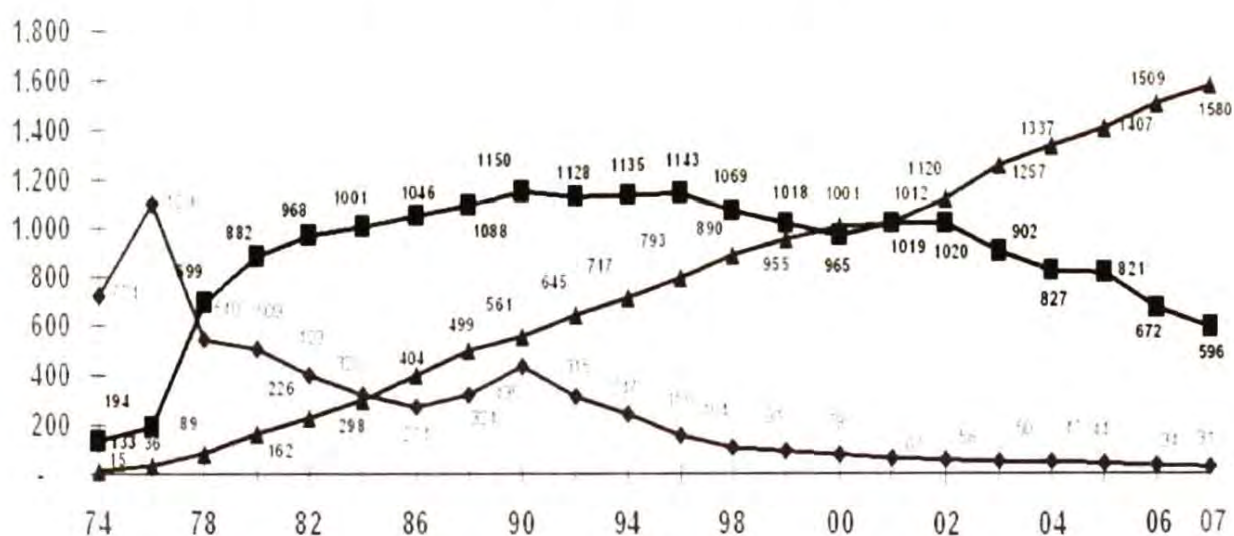


Fig. 1. Evolução da qualificação dos pesquisadores da Embrapa, de 1974 a 2007 (PRATA, 2007). Legenda: ■ (mestrado), ▲ (doutorado), ◆ (graduação).

A fórmula desta iniciativa, alicerçada em ciência e tecnologia (C&T), foi construída com a integração da Embrapa no SNPA, o que permitiu trabalhar nas diferentes instituições envolvidas, os modelos de pesquisa básica, adaptativa e tecnológica, e aplicada. Hoje, a rede Embrapa de pesquisa, desenvolvimento, inovação (PD&I) e transferência de tecnologias (TT) conta com 8.632 colaboradores, sendo 2.294 pesquisadores, 1.548 analistas, 4.790 assistentes e um

orçamento que atingiu cerca de R\$ 1,17 bilhão em 2007, para coordenar os trabalhos de uma estrutura que se estende de norte a sul do país, além de representações no exterior (Fig. 2).

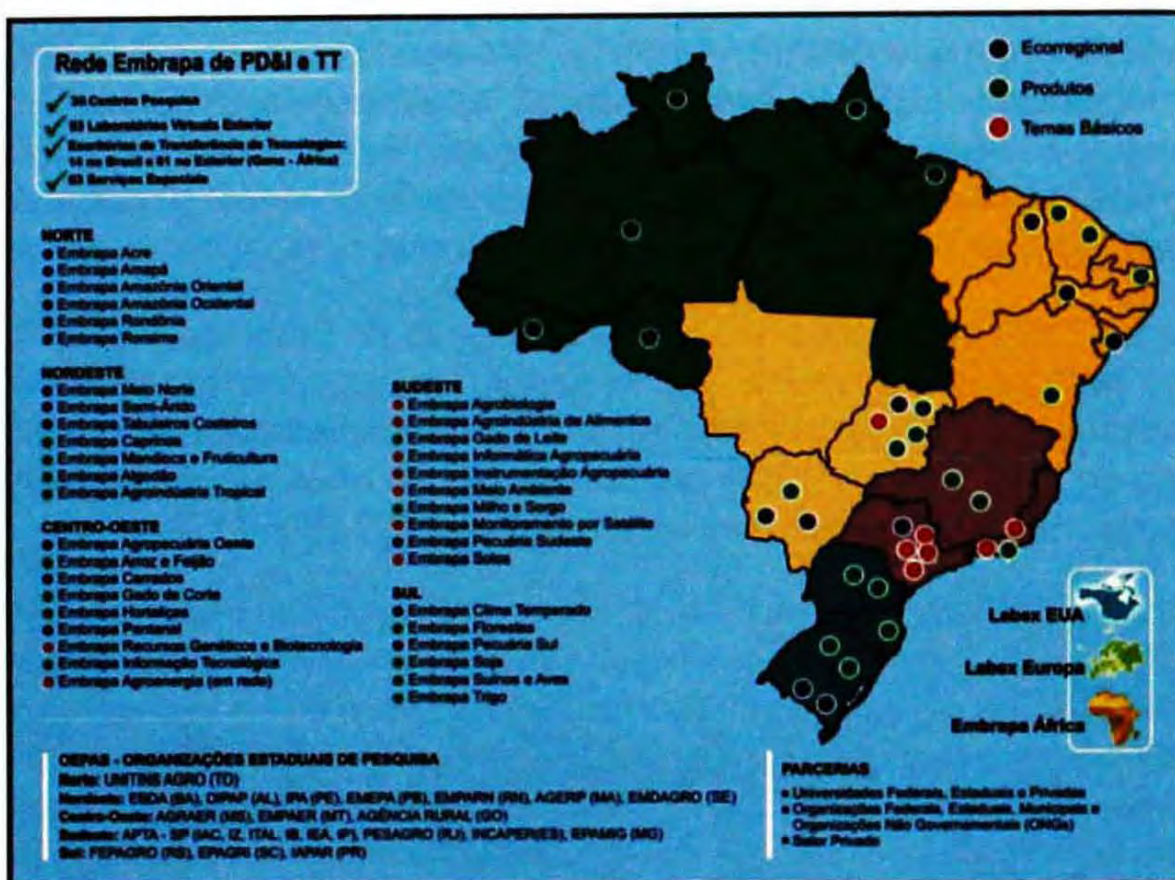


Fig. 2. Rede Embrapa de PD&I e Transferência de Tecnologias.

Estes esforços possibilitaram a grande conquista do conhecimento da agricultura tropical no Brasil que, associado a políticas públicas adequadas, ao trabalho do agricultor e à participação do setor privado, permitiu reduzir expressivamente o período necessário para melhoramentos e adaptações genéticas, bem como o ciclo de inovações no cultivo. Os profissionais da Embrapa, treinados fora do país, traziam em sua bagagem intelectual consistente conhecimento e habilidades, porém sobre a agricultura de clima temperado. Por isso, este saber precisou ser adaptado e reinventado para dar origem a um novo conhecimento. Este último é que permitiu a soma de uma nova safra ao mundo, a safra tropical, além da safra temperada que já existia. Foi tal conhecimento que possibilitou, no país, a viabilização do cultivo de plantas e a criação animais tropicais, soja, frutas tropicais e temperadas adaptadas, gado zebuino, cana-de-açúcar e etanol, fibras

e madeira (algodão e *eucalyptus*), gramíneas tropicais (ex.: *brachiaria*), implementação do sistema de plantio direto, fixação de nitrogênio, controle biológico, e viabilizou a exploração da agricultura no cerrado, entre tantas outras.

Tais avanços, produzidos no primeiro ciclo da agricultura brasileira, particularmente a partir da década de 1970, alavancaram a primeira "Revolução Tropical". Esse fenômeno se deu após a "Revolução Agrícola" iniciada nos países desenvolvidos e desencadeou uma enorme expansão da produção e da produtividade na agricultura em alguns países menos desenvolvidos, principalmente naqueles com boa distribuição de chuvas, solos adequados e condições que permitiram implementar conhecimento em seus processos de produção agrícola (ex.: Brasil, Índia e China) (Fig. 3 e 4).

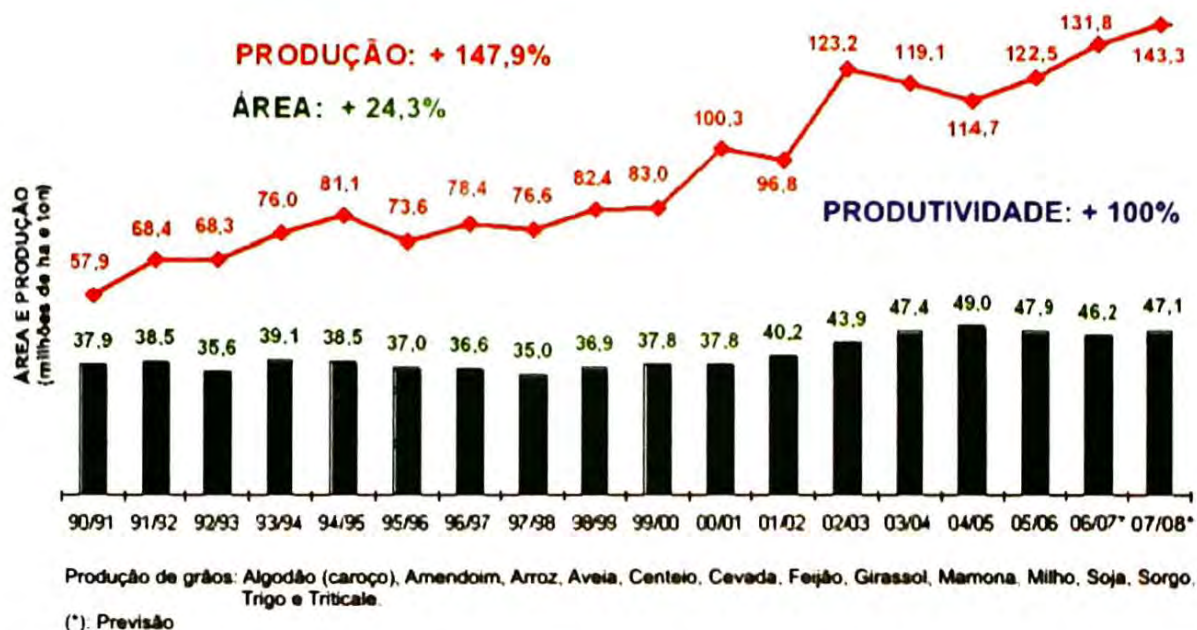


Fig. 3. Evolução da produção, produtividade e área de cultivo de grãos no Brasil entre as safras de 1990/91 e 2007/08* (CONAB, 2008).

Na esteira deste desenvolvimento, o Brasil alcançou, além da segurança alimentar, uma dinâmica de exportação de excedentes de produção (Fig. 5), que consolidou o conceito de "âncora verde" na economia do país. Isto porque o agronegócio representou para o Brasil em 2007 aproximadamente 26% do PIB, 37% dos empregos, 36% das exportações e produziu um saldo comercial em torno de US\$ 50 bilhões.

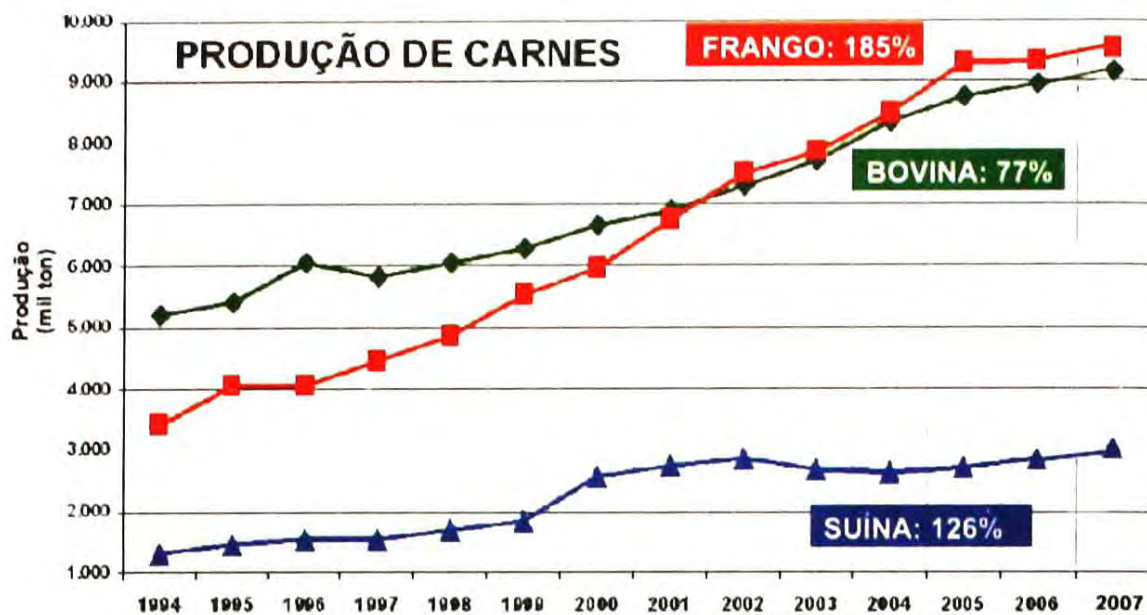


Fig. 4. Evolução da produção de carnes no Brasil, de 1994 a 2007.

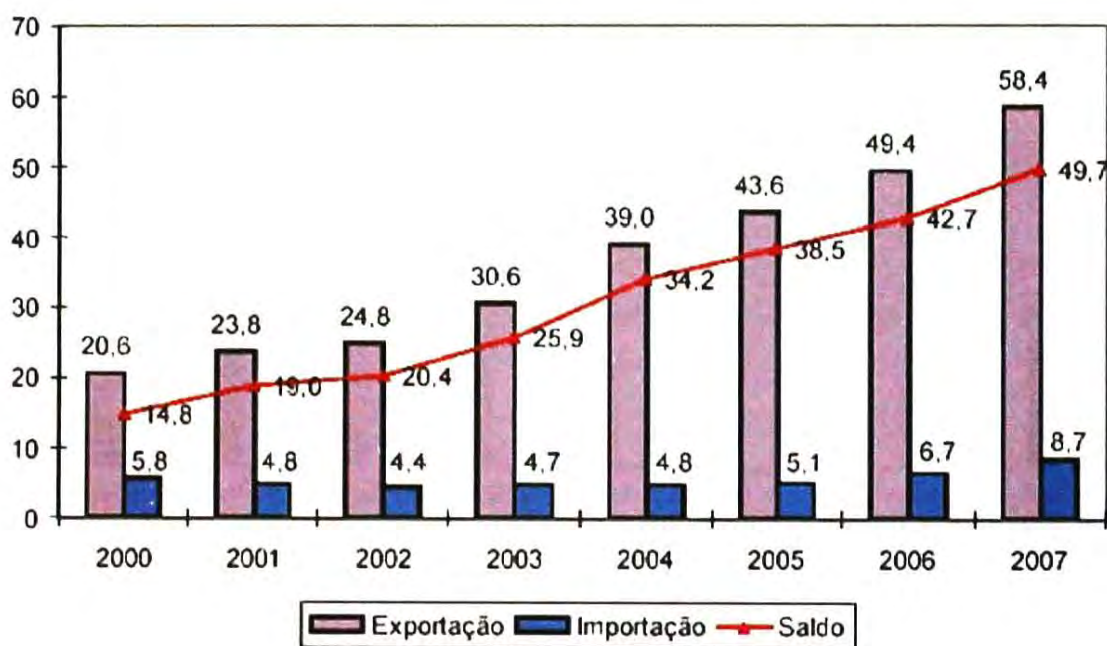


Fig. 5. Balança comercial do agronegócio em U\$ bilhões, de 2000 a 2007.

Fonte: Agrostat Brasil baseado em dados SECEX/MDIC. Elaboração: CGOE/DPI/SRI/MAPA.

O produtor rural brasileiro recuperou sua auto-estima, deixando de ser considerado um "Jeca-Tatu", personagem de Monteiro Lobato que retratava liricamente a simplicidade do homem do campo, para atuar como verdadeiro *global player* na economia mundial. Além disso, a

recuperação da atividade agrícola, alavancada pela evolução da agricultura tropical, reduziu o custo da cesta básica de alimentos, permitiu a interiorização do desenvolvimento do país e a elevação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) nestas regiões. Em suma, essas conquistas se deram porque, efetivamente, o conhecimento gerado traduziu-se em negócios, produtos e bem-estar social ao homem do campo e da cidade (Fig. 6).

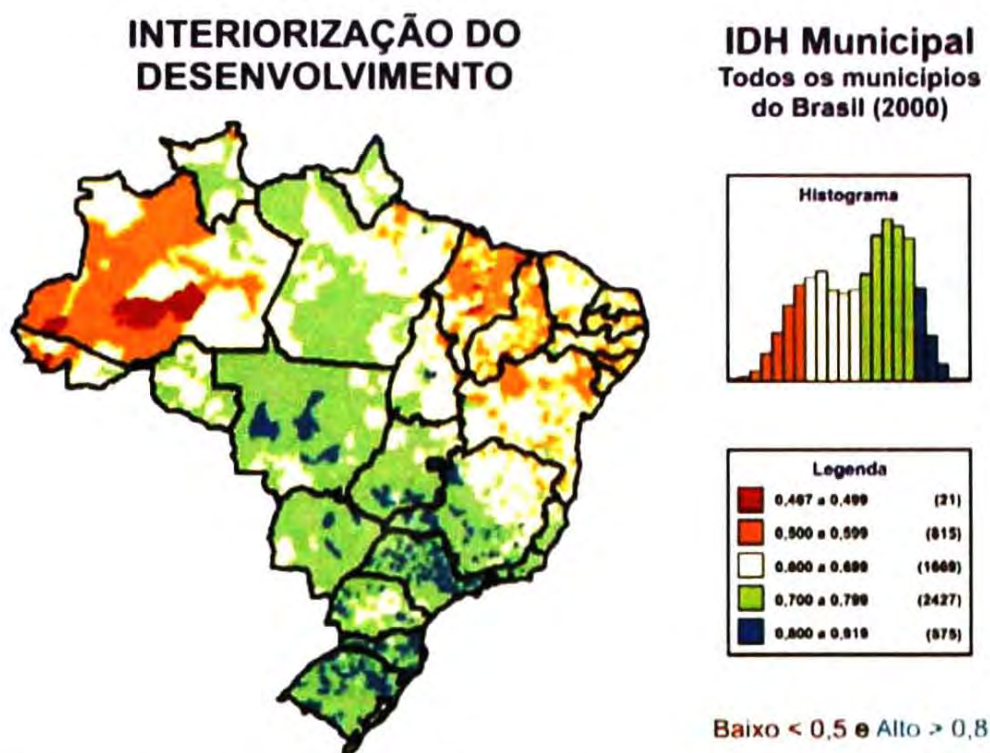


Fig. 6. Interiorização do desenvolvimento e Índice de Desenvolvimento Humano (CAMPOS, 2003).

Revitalização das instituições brasileiras de C&T para um novo ciclo da agricultura

É, portanto, incontestável o desenvolvimento socioeconômico trazido por esta primeira revolução agrícola, obtido por meio do aumento da produção e produtividade, com redução de custos. Porém, apesar disso, muitas questões sociais e ambientais ainda reclamam, de modo urgente, por soluções. Dentre essas questões, podem ser citadas como exemplos questões sociais como a dificuldade de incorporação das tecnologias e do modelo de gestão pela agricultura de menor escala, êxodo rural, o uso intensivo de insumos derivados de petróleo,

contaminação do meio ambiente, riscos à biodiversidade, uso exaustivo de recursos naturais como solos, água e florestas, dentre outros. Assim, a evolução no modo de encarar essas questões em uma sociedade que hoje analisa suas dimensões locais, regionais e globais, acabou por descortinar um novo momento na agricultura.

Deste modo, ao lado das crescentes demandas por alimentos e fibras, decorrentes da expansão do mercado interno e externo (ex.: crescimento de países emergentes como China, Índia, Rússia, Coréia do Sul, entre outros) e das expectativas de aumento no consumo mundial de biocombustíveis, se encontram a percepção do limite dos recursos naturais e a necessidade de inclusão social nos processos produtivos agroindustriais.

Assim, as atuais exigências de competitividade no mercado global estão fortemente pontuadas pela padronização de processos e produtos e pela premissa da sustentabilidade. Os sistemas agrícolas, por exemplo, além dos aspectos agronômicos dos processos envolvidos na produção, devem estar integrados entre si e levar em conta a interação social do homem e da interação deste com o ambiente, considerado fonte (insumos), meio (processo) e destino (contaminação) de sua produção. Este novo cenário multifatorial que se desenha na agricultura exige ainda mais esforços, contínuos e planejados. Portanto, no momento em que se vive uma onda de desenvolvimento intitulada "Era do Conhecimento", a C&T aplicada à agricultura se apresenta como um poderoso instrumento para forjar uma economia que contemple e necessariamente incorpore o social e o ambiental. É, assim, fundamental que este conhecimento se transforme, de forma efetiva e eficaz, em benefícios para a sociedade e para o planeta.

O potencial da agricultura brasileira e a limitação da expansão de fronteiras agrícolas viabilizada a partir dos ganhos em produtividade ficam evidentes quando se compara a área ainda disponível para a agricultura no Brasil com a de outros países (Fig. 3 e 7), razão que justifica, como mais do que necessário, uma gestão soberana e de excelência sobre este espaço.

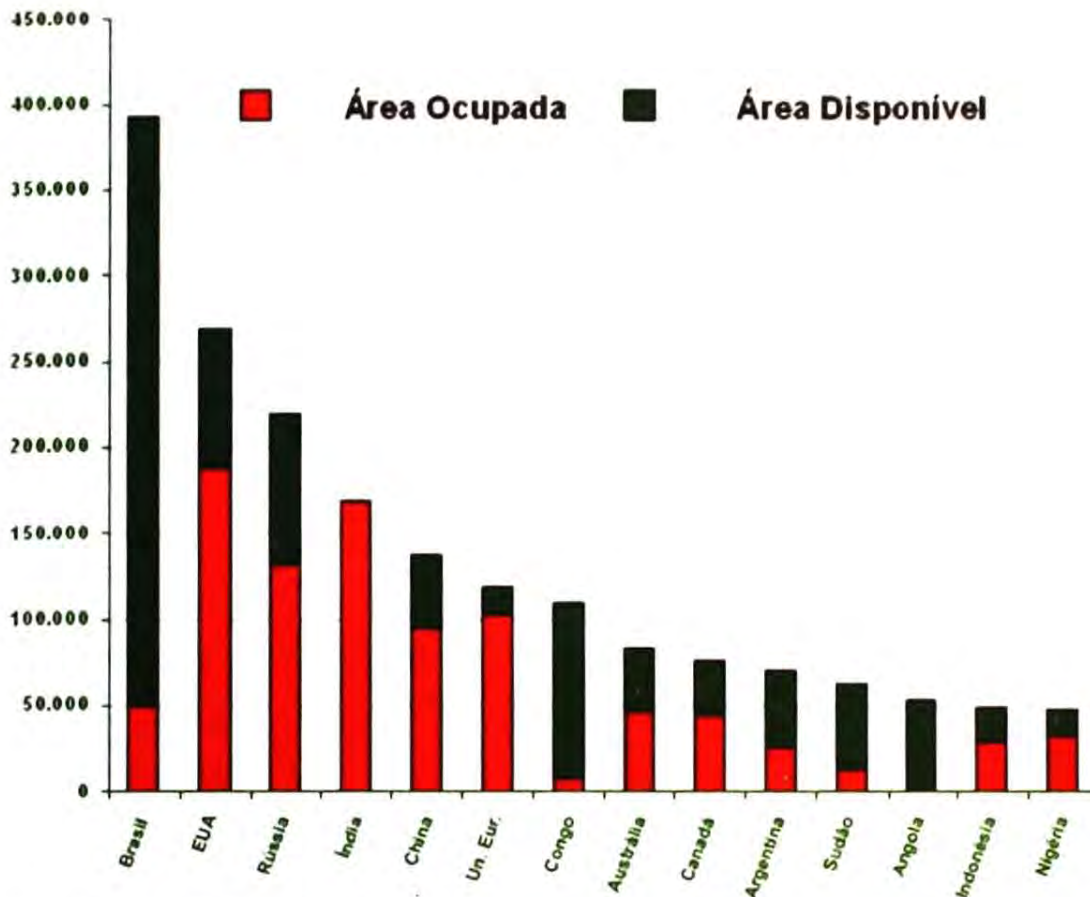


Fig. 7. Disponibilidade de terras para agricultura e produção animal (1000 ha) (FAO, 1994).

A Embrapa, junto ao SNPA e em parcerias com universidades, institutos de pesquisa e setor privado, tem trabalhado sobre um modelo em matriz, para cobrir os biomas brasileiros (amazônia, caatinga, cerrado, pantanal, mata atlântica e pampa) sob três vertentes: 1) ordenamento, monitoramento e gestão do território; 2) manejo, valorização e valorização dos recursos naturais dos biomas e, 3) produção agropecuária e florestal sustentável em áreas alteradas e de uso alternativo.

Portanto, considerando tais aspectos numa agenda de presente e futuro para a agricultura, as soluções em C&T são grandemente ampliadas e mais complexas. Isso inclui como exemplos a agroenergia, mudanças climáticas, sanidade animal e vegetal, alimentos seguros, alimentos funcionais e nutracêuticos, novos serviços e produtos, entre outros. Assim, a associação de tecnologias já existentes entre si, bem como a novas descobertas, na forma de sistemas tecnológicos, pode trazer importantes soluções às

necessidades atuais da sociedade e do ambiente. Dentre estas soluções, destacam-se os sistemas integrados sustentáveis como: produção de biomassa com múltiplas espécies, sistema plantio direto com rotação e consorciação de culturas, uso consorciado de espécies perenes, recuperação de áreas degradadas, cultivo de florestas de espécies nativas, manejo de áreas alagadas, integração da produção de bioenergia e alimentos, controle biológico de pragas e doenças, insumos agrícolas e rotas biológicas como complemento às químicas dependentes de material fóssil (ex.: lodo de esgoto urbano e rural, resíduos da biomassa - bagaço, palha, torta, resíduos agroindustriais, entre outras), etc.

Tomando-se apenas os resultados da integração lavoura-pecuária-floresta, na recuperação de áreas de pastagem degradadas no Cerrado, para cada hectare de pasto recuperado por este sistema, preserva-se 1,8 hectares de floresta nativa. Tais desafios exigem ferramentas que envolvem estreita interdisciplinaridade das ciências, modelagem de sistemas complexos, tecnologias adequadas a diferentes escalas e condicionantes socioeconômico-ambientais da produção, agricultura de precisão, monitoramento territorial por satélite, avanços em áreas de fronteira do conhecimento como biotecnologia e biossegurança, nanotecnologia, revitalização das ações de transferência de tecnologia, entre outras. Exerce ainda um papel relevante, o acompanhamento da produção das instituições de C&T, sejam elas públicas, sejam privadas, avaliando, *ex-ante* e *ex-post*, os impactos econômicos, socio-ambientais e éticos de suas tecnologias.

A questão da sustentabilidade do padrão de consumo e de produção do homem na esfera global necessita ainda do fortalecimento de fóruns de discussão dos modelos de desenvolvimento desejados para o planeta (ex.: Protocolo de Kyoto, Eco Rio 92, Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas/Organização das Nações Unidas – IPCC/ONU, Conferências Mundiais do Clima...) e do conseqüente compromisso das nações com esta realidade (ex.: substituição gradual da matriz energética fóssil e redução da emissão de gases de efeito estufa, investimentos em pesquisa e

desenvolvimento e inovação (PD&I) de mudanças climáticas, como avaliação de vulnerabilidades nos biomas, ações de mitigação dos efeitos e de adaptação, entre outras). Na esfera nacional, é imprescindível a formulação e a integração de políticas públicas à C&T para fazer frente à complexidade das demandas (ex.: investimentos na produção agrícola atrelados a um claro modelo de desenvolvimento e ao mercado, zoneamento agroeconômico-ecológico, produção de etanol e biodiesel com orientação social e ambiental, viabilização de um ambiente favorável a parcerias público-públicas e público-privadas para C&T, rastreabilidade e certificação).

Desafios e oportunidades para a inovação e para investimentos e gestão em C&T no Brasil

A inovação é a arma para se enfrentar os desafios da competitividade e da sustentabilidade e, para isto, torna-se indispensável uma forte estratégia de investimentos em C&T, com necessidades de incremento nos atuais investimentos públicos e maior participação do setor privado brasileiro. Como exemplo, os Estados Unidos acenavam com investimentos iniciais do setor privado em PD&I de etanol da ordem de US\$ 1,6 bilhão (ETANOL..., 2007), no Brasil eram previstos US\$ 25 milhões para a Embrapa Agroenergia, num período de 5 anos. Países desenvolvidos investem de 2,5 a mais de 3% do PIB Agrícola em pesquisa, contra 0,5 ou 0,8% nos países em desenvolvimento. Mesmo quando comparamos o Brasil com o grupo de quatro países emergentes como a Rússia, a Índia e a China (BRIC), assumimos uma posição de desvantagem quanto a estes investimentos (Fig. 8).

Neste contexto, outra limitação importante para a inovação no país ainda tem sido a baixa participação do investimento privado em PD&I no país, que em 2007 chegou a cerca de 50%, com uma contrapartida equivalente do governo federal e estadual (REZENDE, 2007). Faz-se necessário, portanto, romper o paradigma da concentração de profissionais de C&T nas universidades e centros de pesquisa, com poucas empresas privadas investindo em pesquisa.

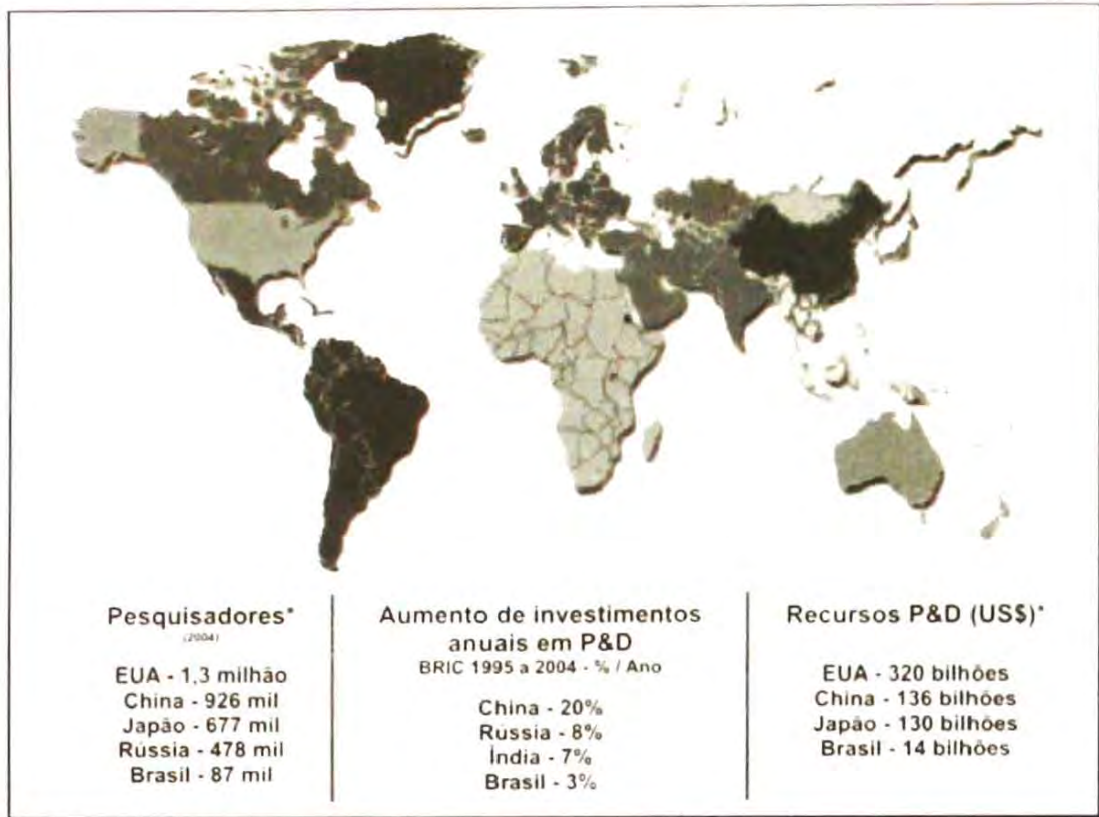


Fig. 8. Investimentos em P&D no mundo (BOLETIM CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-CHINA, 2006.*)

Sabe-se que há uma clara correlação entre conhecimento e riqueza na sociedade global, a exemplo do que ocorre em países desenvolvidos como Estados Unidos, Japão, Alemanha e Canadá, entre outros, ou mesmo em emergentes como Coreia do Sul (Fig. 9) e Taiwan, onde a maior parte dos profissionais ligados à C&T atua no setor privado.

Assim, análises do cenário brasileiro apontam que, apesar de a produção de conhecimento no Brasil - 1,9% das publicações mundiais e 15º no ranking mundial (REZENDE, 2007) estar se aproximando de um alinhamento com outros indicadores socioeconômicos (população: 2,8%, PIB: 1,9% e comércio internacional: 1,3%), o país ainda tem dificuldade em explorar o conhecimento gerado, uma vez que detém apenas 0,2 % dos pedidos de patentes mundiais (FRACO..., 2004).

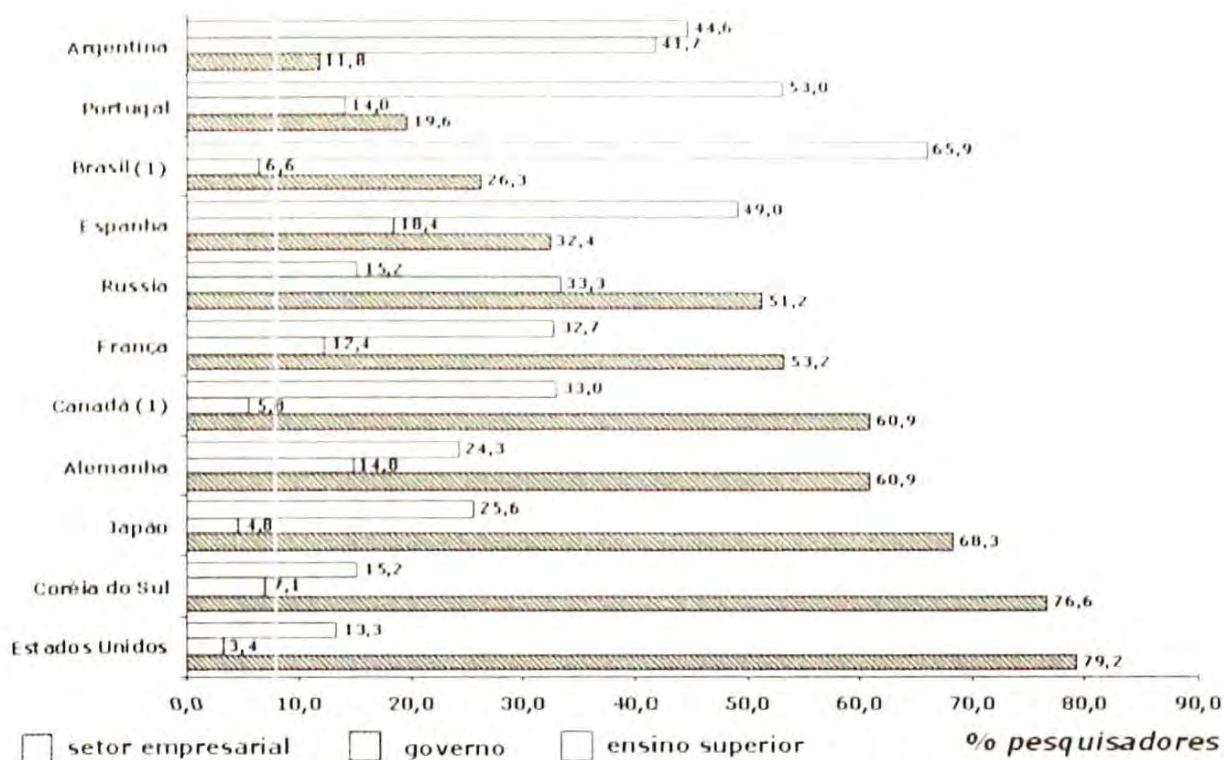


Fig. 9. Profissionais de C&T nas instituições públicas e privadas. (ELIAS, 2008). Dados de 2007, com exceção para Brasil e Canadá, (2004)⁽¹⁾.

O relatório da Organização Mundial de Propriedade Intelectual – OMPI (OMPI, 2007), indicou que o Brasil concedeu 0,29 patentes para residentes a cada US\$ 1 milhão investido em P&D, enquanto a Coreia do Sul, por exemplo, concedeu 5 patentes na mesma relação. Assim, os investimentos coreanos em P&D geraram 17,5 vezes mais patentes do que os brasileiros. Realidade semelhante se verifica no número de patentes concedidas pelo Escritório de Patentes e Marcas nos EUA (USPTO, 2007), ano em que Brasil ocupou as últimas posições (0,06% do total de patentes) em relação a países desenvolvidos (ex: EUA 51%, Japão 19,6%, Alemanha 5,5%), ou mesmo a alguns emergentes asiáticos (ex: Coreia do Sul e Taiwan, ambas ao redor 4%). A Figura 10 ilustra esses dados do USPTO e demonstra que tem havido uma progressiva inserção dos países nos sistemas de patentes nas últimas três décadas, incluindo o Brasil, porém verifica-se também uma maior velocidade de crescimento da maioria de seus competidores.

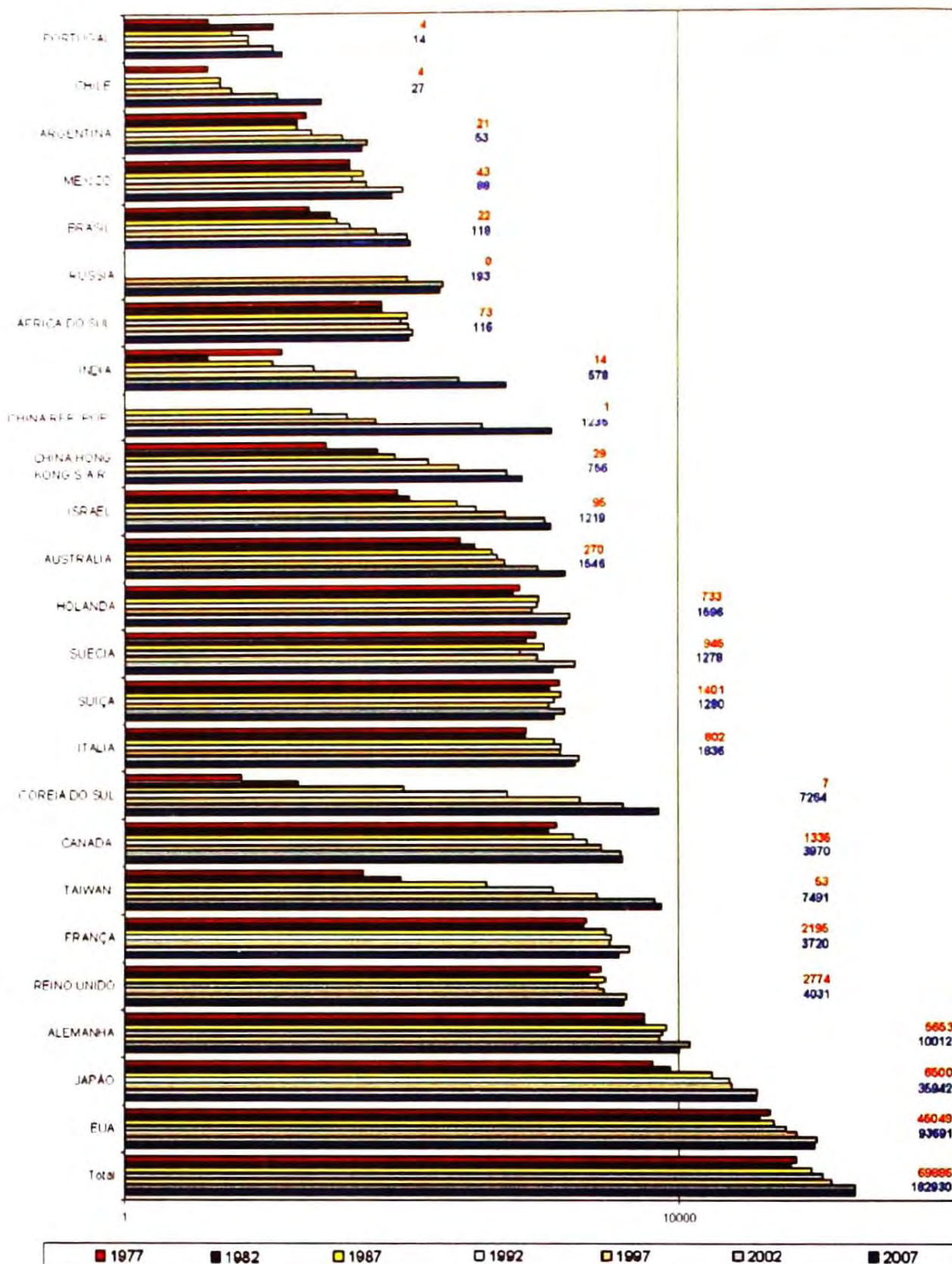


Fig. 10. Patentes concedidas* pelo USPTO (USPTO, 2007) *Gráfico em escala logarítmica. Números em vermelho se referem às patentes concedidas em 1977, e números em azul, às concedidas em 2007, para ilustrar a evolução deste indicador.

Para proporcionar um ambiente mais favorável à inovação, a Embrapa tem trabalhado intensivamente a questão da inovação institucional, ou seja, sobre seu modelo jurídico, de gestão e de negócios, visando tornar-se mais ágil e flexível frente às demandas atuais. Exemplos de sucesso em desenvolvimento tecnológico como os que ocorreram no Brasil nas áreas de petróleo, agronegócio e da aeronáutica podem ser fortalecidos, compartilhados e expandidos para outras áreas, considerando suas particularidades.

Uma das propostas para viabilizar o modelo de investimento privado em P&D no Brasil são as empresas de propósito específico (EPEs), previstas pela Lei de Inovação. Espera-se com estas, alcançar uma situação em que, para cada real de investimento do setor público, haja uma contrapartida de valor equivalente do setor privado. Isso poderia viabilizar a fusão do conhecimento científico e tecnológico das instituições públicas de C&T com o saber negocial, de *marketing*, de distribuição e comercialização de produtos e serviços que as empresas privadas possuem.

As estratégias para transferência de tecnologias para o setor privado são utilizadas pela Embrapa para produzir ações de grande impacto comercial. Assim, são realizadas parcerias com grandes empresas e organizações público-privadas (ex.: *Bunge, Monsanto, Basf, Dow, Pioneer, Brasif, John Deere, Unica, Jircas* - Centro de Pesquisa Internacional do Japão para ciências agrárias, *Petrobrás, Infraero*), bem como com médias e pequenas (junto com a Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura CONTAG, Secretaria da Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário - SAF/MDA e Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social do Ministério da Ciência e Tecnologia - SECIS/MCT, entre outros), inserindo inovação no setor produtivo. São parcerias em biotecnologia de sementes, melhoramento genético animal e vegetal, máquinas, equipamentos e processos agrícolas, sistemas de produção sustentáveis, que são colocados no mercado nacional e, quando estratégicos, tornam-se objeto de negociação internacional.

São ainda fundamentais, além da superação das limitações dos investimentos públicos na pesquisa agropecuária, as questões de gestão, organização e de arranjos institucionais, que permitam

flexibilizar parcerias entre o setor público e público-privado, ajustando para cima tais aportes e possibilitando que se produza mais, melhor e mais rapidamente.

No que se refere à gestão estratégica de C&T, é essencial o entendimento das diferenças regionais, para uma adequada abordagem das diferentes realidades do país. Existem nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, importantes vazios institucionais e tecnológicos que precisam ser preenchidos. Já para as regiões onde se encontram construídas as competências (Sudeste e Sul) são fundamentais a consolidação e o reforço das instituições (federais, estaduais, municipais e organizações não governamentais). Tais ações viabilizariam a atuação em sinergia e cooperação entre as instituições, possibilitando o trabalho em rede. Neste contexto, uma questão de base é a da revitalização da parceria público-pública. Isso passa pela necessidade de revitalização do SNPA, com reestruturação física e adequado treinamento de seu pessoal. Este esforço depende também de investimentos dos estados da federação em suas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (OEPAs). Tal participação mais efetiva dos estados na agenda de C&T pode permitir uma maior agregação de forças e distribuição tarefas entre as instituições do sistema. Buscando tal fortalecimento, em, 2006, foram captados R\$ 11,8 milhões, via Embrapa, em emendas parlamentares para as OEPAs.

Porém, na dinâmica de ampliar as ações de PD&I agrícola, a idéia é fazer que, para cada real investido pelo governo federal, seja investido o equivalente pelo estado ou município. Assim, com a inserção do setor privado através das EPEs, poder-se-ia obter uma base tríplice de investimentos (Governo Federal + Governo Estadual e/ou Municipal + Iniciativa Privada), o que daria sustentabilidade ao SNPA e permitiria impactos mais relevantes da inovação sobre a economia do País.

A Embrapa utiliza, de forma estratégica, as parcerias com organizações públicas para gerar ações de grande impacto social. Assim, são atingidos públicos-alvo como a agricultura familiar, assentados da reforma agrária, comunidades tradicionais como indígenas e quilombolas. São parcerias institucionais com a

Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (CONTAG), Secretaria da Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário (SAF/MDA), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social do Ministério da Ciência e Tecnologia (SECIS/MCT), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Integração Nacional, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA/MS), Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP), Agência Nacional de Águas (ANA), Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Desenvolvimento Regional Sustentado (DRS) do Banco do Brasil, Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A., Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), entre outras. Pode-se, assim, desenvolver diversas ações como Programa de Sementes e Mudanças, Projeto Barraginhas, Programa Balde Cheio, Fossa Asséptica, Agregação de Valor à Produção Agroindustrial Familiar, Tecnologias para Produção de Leite de Qualidade, Caprinos, Ovinos, Suínos, Aves, Piscicultura, Apicultura, Frutas, Hortaliças e Grãos. São usadas para isso diversas ferramentas, dentre elas o Programa de Rádio Prosa Rural, Dias de Campo, Dias de Campo na TV, dentre outras. Na esteira dessas inovações, a proteção intelectual é trabalhada tanto com objetivos comerciais, quanto para finalidades sociais (ex.: proteção de sementes para uso na agricultura de menor escala).

No âmbito da cooperação internacional, o intercâmbio através de laboratórios virtuais (Labex) na Europa (França e Holanda) e nos EUA permite hoje a permanente troca de informações avançadas em P&D entre a Embrapa e centros de excelência do hemisfério norte. Negocia-se a criação de um destes laboratórios também no continente asiático. A cooperação do Brasil, em agricultura, com outros países tropicais passou a ser uma realidade estruturada através de representações internacionais como os escritórios da Embrapa em Gana (África) e na Venezuela (América Latina). Deste modo, esta estratégia de cooperação internacional permite um fluxo de conhecimento entre os eixos Norte-Sul e também no âmbito do eixo Sul-Sul (Fig. 11).

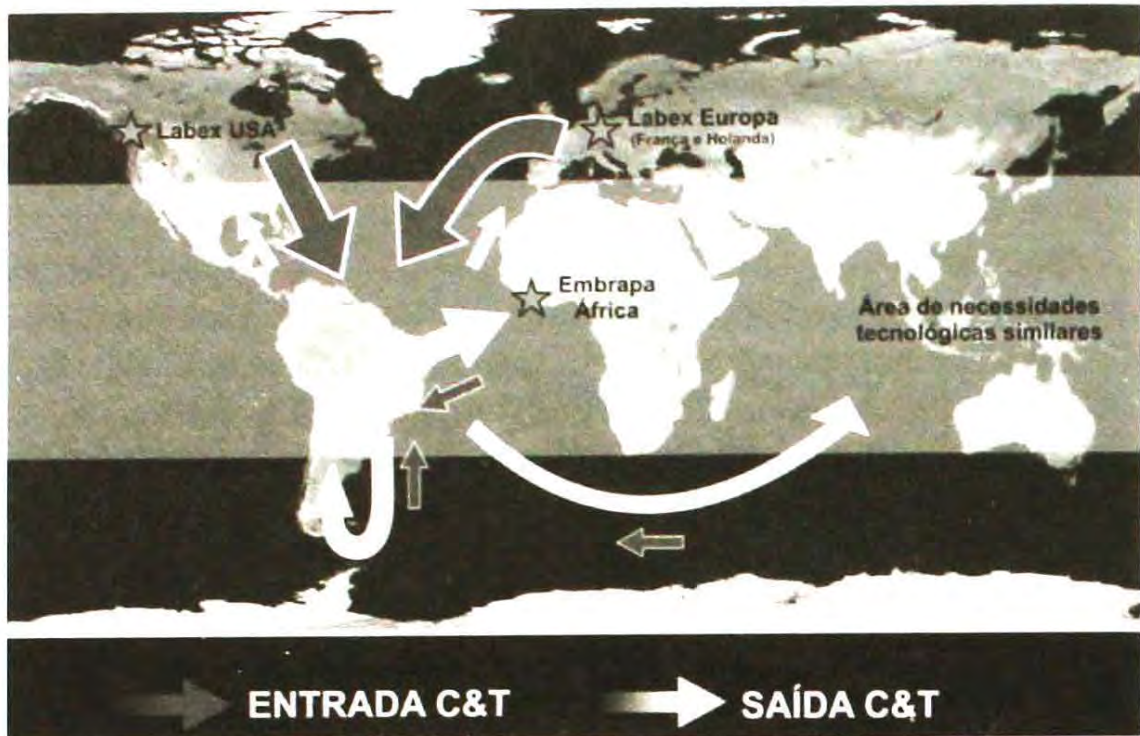


Fig. 11. Arranjos de cooperação internacional da Embrapa.

É importante ressaltar ainda que, apesar das dificuldades e limitações, existe atualmente no Brasil um quadro favorável à expansão na geração de conhecimento e Inovação, com boas oportunidades apresentadas por meio de recentes e importantes marcos regulatórios como a Lei da Inovação; a Lei de Criação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Lei de Biossegurança; “Lei do Bem”; Lei de Regulamentação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e posteriormente, a Lei 11.487, que modificou a “Lei do Bem”, incluindo a isenção fiscal às empresas, nas parcerias com Instituições de C&T (BRASIL, 2007). Verifica-se também, nos últimos anos, o progresso na formação de uma base de doutores (9.600 doutores titulados em 2006, Fig. 12), elevação de recursos provenientes de fundos setoriais, uma importante recuperação de investimentos como as do FNDCT, dos recursos provenientes Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Fig. 13) e de organizações de fomento estaduais, entre outros.

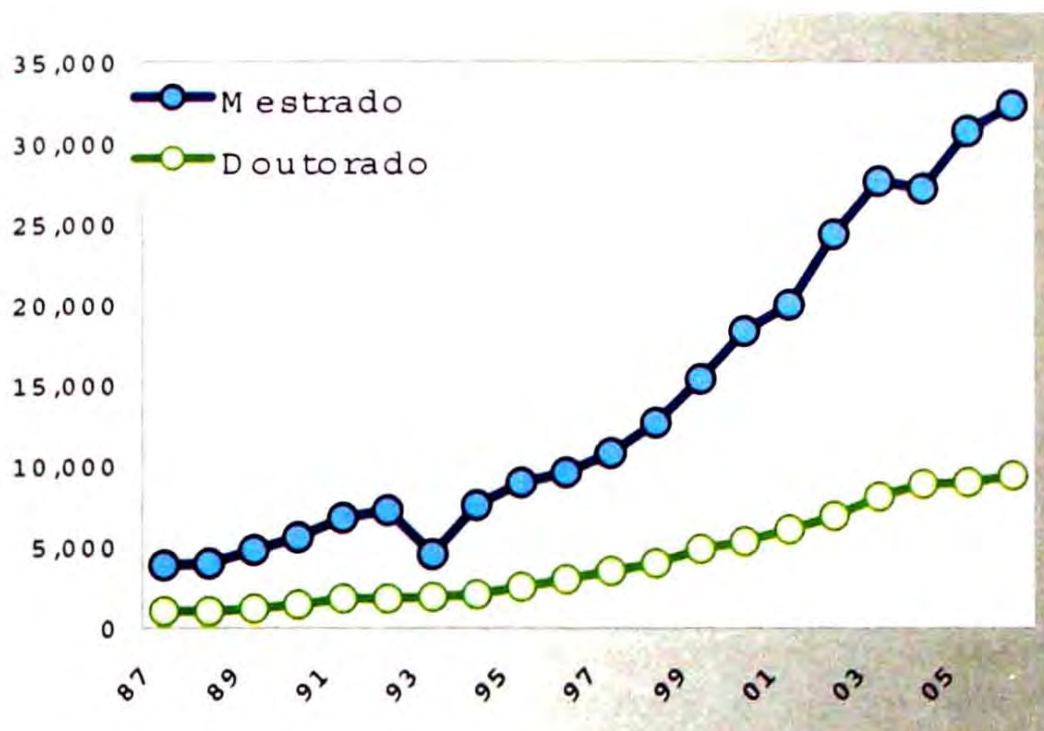


Fig. 12. Mestres e doutores titulados anualmente (REZENDE, 2007).

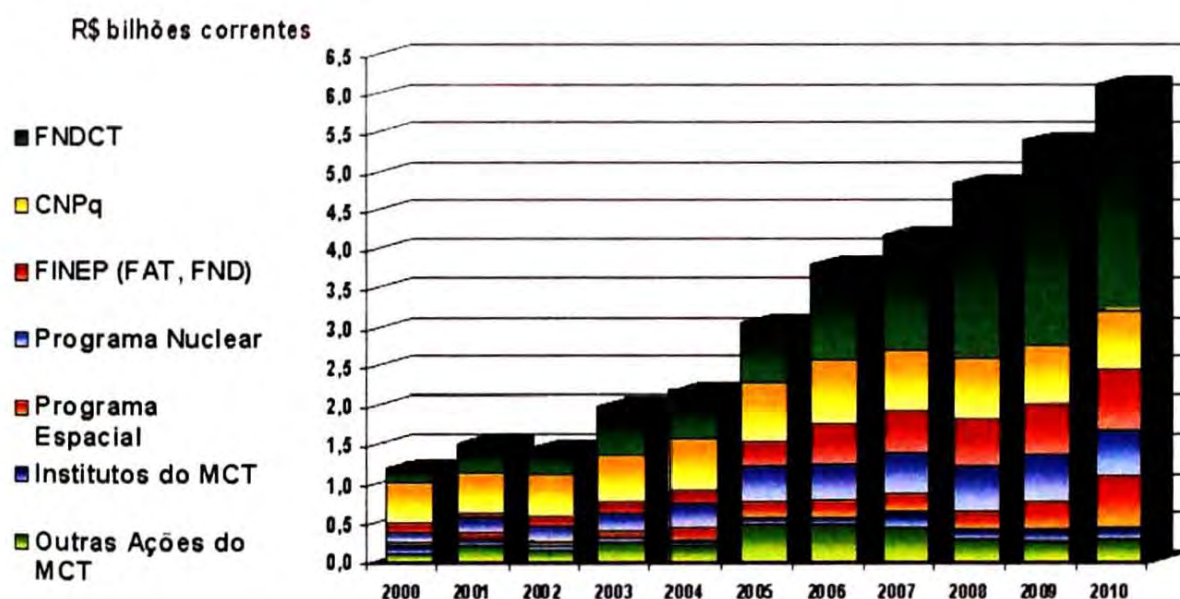


Fig. 13. Orçamento do MCT executado de 2000 a 2006 e projetado para o período de 2007 a 2010 (REZENDE, 2007).

Dentro deste contexto de esforços, estão inseridos os investimentos do Plano de Ação para C&T, que prevê investimentos de R\$ 41 bilhões até 2010. Estão envolvidos nestas ações o MCT, o FNDCT, o Ministério de Minas e Energia/Petrobras/Cepel (MME), da Saúde (MS), da Educação (MEC/Capes), da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (Mapa), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), além de outros fundos de financiamentos. A meta é alcançar em 2010, investimentos de 1,5% do PIB em PD&I (0,64% federal, 0,21% estadual e 0,65% privado) e estão previstas ações focando a inovação tecnológica como principal tema. São eixos centrais deste planejamento: 1) Expansão e Consolidação do Sistema Nacional de C,T& I; 2) Promoção da Inovação Tecnológica nas Empresas; 3) a PD&I em Áreas Estratégicas e, 4) CT&I para o Desenvolvimento Social.

Considerando o relacionamento com o Congresso Nacional, destaca-se o apoio que se abriu a partir da criação, pode-se dizer "histórica", em 2007, da Frente Parlamentar Mista de Apoio à Pesquisa Agropecuária e Transferência de Tecnologia. Todo esse ambiente propicia a criação e implementação de parques tecnológicos, incubadoras de empresas, arranjos produtivos locais, empresas de propósito específico, entre outras possibilidades. A busca pela recuperação do orçamento da Embrapa a partir de 2003 até 2010 também é um indicio de melhores expectativas para a PD&I na agricultura, considerando que este vinha em linha de franco declínio desde 1996 (Fig. 14).

Assim, em abril de 2008, ao completar 35 anos de sua criação, outro momento extremamente favorável foi o anúncio, pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva no Palácio do Planalto, do incremento de investimentos públicos e de revitalização da empresa via Plano de Fortalecimento e Crescimento da Embrapa 2008 – 2010. Neste plano, a diretoria executiva propôs para o referido período: ampliar o quadro de pessoal de 8.632 (2007) para 9.843 empregados (2010), elevar o orçamento de 2007 em cerca de R\$ 300 milhões (estimado em R\$ 1.461.410,00 em 2010), retomar o modelo de empresa pública de direito privado, com estrutura mais ágil e flexível visando reforçar e ampliar a agenda de Inovação (via Lei de Inovação); manter a excelência em P&D, Transferência de Tecnologia, Comunicação e Informação; consolidar a Embrapa Agroenergia; reforçar e ampliar a atuação internacional com a criação do Labex Ásia e Embrapa América Latina; além de fortalecer as ações e imagem da empresa em responsabilidade socioambiental. Vale ressaltar que este plano incluiu ainda investimentos de R\$ 264 milhões (2008 a 2010) nas OEPAs,

com o objetivo de apoiar a recuperação e ampliação de seu capital físico, particularmente instalações e equipamentos de pesquisa.

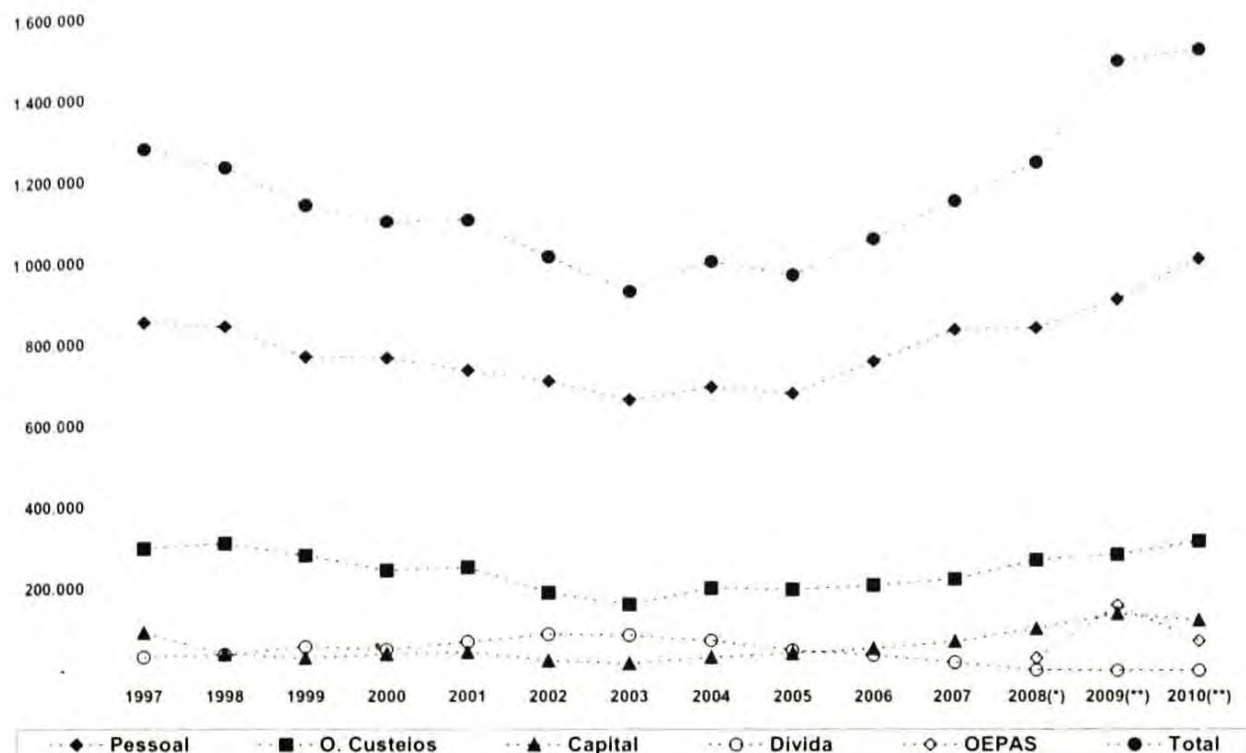


Fig. 14. Recursos orçamentários da Embrapa, de 1996 a 2007 e projeção até 2010 (CASTRO e REIS, 2007).

Este claro esforço de incentivo à PD&I agropecuária traz nova energia e possibilidades de ampliação dos benefícios que a empresa produz para o país. A quantificação desta contribuição pode ser evidenciada ao se analisar o balanço social da Embrapa em 2007. Neste documento observa-se que, para cada real aplicado, R\$ 13,36 retornaram para a sociedade brasileira, gerando um lucro social de R\$ 15,47 bilhões. Foram gerados 114.965 empregos a partir de tecnologias geradas pela empresa, além de serem executadas 550 ações de relevante interesse social. E, visando os próximos passos, a Embrapa preparou um Plano Diretor (PDE 2008-2011) considerando os cenários da pesquisa agrícola no horizonte dos próximos 15 anos (2008-2023), quando ela completará 50 anos de sua criação. Este documento serviu de base para a preparação dos Planos Diretores das Unidades da empresa (PDU 2008-2011).

Considerações finais

Portanto, na esperada “segunda revolução” da agricultura, a “Revolução Dourada”, deverão ser gerados competitivamente produtos, serviços e conhecimento em alimentos, fibras e energia, que respeitem os rigorosos padrões da sustentabilidade. Neste cenário, apresentam-se desafios e oportunidades para que políticas públicas aliadas à C&T permitam desenvolver e viabilizar sistemas agroindustriais integrados e sustentáveis que contemplem as dimensões econômica, social, ambiental, de redução das desigualdades regionais e da inserção global soberana do país. Visando encarar tais desafios com visão e foco, é válida a máxima já consagrada: “é preciso pensar grande, começar pequeno e agir rápido”.

Utilizando o aprendizado obtido com as conquistas do passado e enfrentando com criatividade e determinação os novos desafios do futuro, espera-se contribuir para que a agricultura continue sendo uma seara de vida para a humanidade.

Agradecimentos

Agradecemos à colaboração de Renato Cruz Silva (Assessoria de Comunicação Social da Embrapa, Brasília - DF) no tópico “Construção do Conhecimento em Agricultura Tropical no Brasil e seus Impactos” e a de Emerson de Stefani (Gabinete da Presidência da Embrapa, Brasília, DF) pelo trabalho de artes gráficas e compilação de dados do agronegócio.

Referências

BOLETIM CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-CHINA. [S. l.], n. 2, dez. 2006.

BRASIL. Congresso. Lei nº 11.487, de 15 de junho de 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jun. 2007. P. 1 Edição Extra.

CAMPOS, V. M. C. Ciência, Tecnologia e Inovação. **Cadernos BDMG**, Belo Horizonte, n. 9, 2003.

CASTRO, E. L. A de.; REIS, J. J. **Relatório Interno de Gestão de Recursos Orçamentários (2007) – DAF - Departamento de Administração Financeira da Embrapa**. Brasília, DF: EMBRAPA-DAF, 2007. não paginado. Relatório interno.

CONAB (Brasil). **Indicadores Agropecuários**. Brasília, 2008.

Disponível em:

<<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=101>>. Acesso em: 01 abr 2008.

ELIAS, L. A. R. **Plano de Ação 2007 – 2010**: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional: Investir e inovar para crescer. In: SEMINÁRIO ANDIFES MODELO DE PESQUISA E DE PÓS-GRADUAÇÃO NAS IFES. **Palestra...** Salvador, BA: UFBA, 2008.

ETANOL no Brasil não prejudica produção de grãos, diz Jeb Bush. G1 (diário eletrônico): economia e negócios: álcool. 2007. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios/0,,MUL23270-9356,00.html>. Acesso em: 01 abr 2008.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Terrastat: Database. 1994. Disponível em:

<<http://www.fao.org/AG/agl/agll/terrastat/#terrastatdb>>. Acesso em: 23 jul. 2008.

FRACO resultado em C&T. Curitiba: TECPAR; APPI, 2004. Disponível em:

<<http://www.tecpar.br/appi/NewsLetter/FRACO%20RESULTADO%20EM%20C&T.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2008. Originalmente publicado no Jornal o Estado de S. Paulo, 03 mar. 2004.

OMPI - Organização Mundial da Propriedade Intelectual. **WIPOPATENT REPORT**: Statistics on Worldwide Patent Activity. Geneva, 2007

Disponível em: <[http://www.inpi.gov.br/menu-](http://www.inpi.gov.br/menu-superior/imprensa/informacoesparaimprensa/ompi)

[superior/imprensa/informacoesparaimprensa/ompi](http://www.inpi.gov.br/menu-superior/imprensa/informacoesparaimprensa/ompi)>. Acesso em: 18 nov. 2008.

PRATA, C. F. **Relatório Interno de Gestão de Recursos Humanos (2007) – DGP - Departamento de Gestão de Pessoas da Embrapa**. Brasília, DF: EMBRAPA-DAF, 2007. não paginado. Relatório interno.

REZENDE, S. **Plano de Ação 2007 – 2010**: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional: Investir e inovar para crescer: Proposta para discussão no Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. Palestra.

USPTO – United States Patent and Trademark Office. **Public Search Facility Newsletter**. [Alexandria], 2007.

Manuseio pós-colheita e rastreabilidade de frutas e hortaliças

Celso Luiz Moretti

Steven A. Sargent

Leonora Mansur Mattos

Aspectos gerais do manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças

Introdução

O manuseio pós-colheita é uma das principais etapas da cadeia produtiva de frutas e hortaliças. Desde a colheita, uma série de cuidados deve ser tomada visando preservar a qualidade dos diferentes produtos. Fatores como ponto de colheita, seleção, classificação, embalagem, resfriamento rápido, armazenamento refrigerado e transporte, dentre outros, influenciam decisivamente na qualidade do produto que será comercializado.

A colheita das frutas e hortaliças deve ser feita nas horas mais frescas do dia, preferencialmente pela manhã. Quando isso não for possível, deve ser realizada ao entardecer ou no início da noite. Cada produto tem seu ponto ótimo de colheita, que é baseado em aspectos fenológicos e mercadológicos. Assim, hortaliças de fruto como o quiabo são colhidas ainda imaturas enquanto que outras, como o tomate, podem ser colhidas maduras.

Após a colheita, frutas e hortaliças devem ser imediatamente retiradas do contato direto com a luz do sol. De preferência, devem ser levadas imediatamente para a casa de embalagem, onde serão selecionadas e classificadas. Quando isso não for possível, devem ser colocadas à sombra. Na operação de colheita devem ser utilizadas somente caixas limpas e higienizadas. Jamais devem ser usadas caixas que foram

anteriormente utilizadas para o transporte de agrotóxicos ou lixo. Após a colheita, todas as caixas utilizadas devem ser lavadas de forma vigorosa com água limpa. No enxágüe final, deve ser utilizada uma solução de cloro na concentração de 50 a 100 mg de cloro livre por litro de água limpa. Os produtos colhidos devem ser levados, assim que possível, para a casa de embalagem. As caixas devem ser colocadas com cuidado no veículo que será usado para transportá-las até a casa de embalagem.

Recepção e operações na casa de embalagem

Na plataforma de recepção da casa de embalagem deverá ser anotado o máximo de informações possíveis sobre o produto que ora é recebido visando garantir que o mesmo possa ser posteriormente rastreado, se necessário.

As principais operações realizadas na casa de embalagem são limpeza, seleção, classificação, embalagem e armazenamento. Tais operações podem ser realizadas manualmente em estruturas mais simples ou com o auxílio de equipamentos sofisticados, com emprego de sensores ópticos e outras ferramentas digitais. A limpeza pode ser realizada por meio de escovas colocadas em equipamentos, por lavagem com água limpa e clorada, seguida de escovação e secagem por aspersão de ar seco ou manualmente.

A seleção e a classificação é realizada de acordo com as exigências dos mercados que se pretende atingir. Assim, é extremamente importante que se saiba de antemão quais são essas exigências, que podem ser relacionadas com tamanho, peso, cor, tipo de embalagem, dentre outros.

Linhas de seleção e classificação automatizadas têm sido utilizadas nos EUA há mais de 80 anos, provendo meios de se manusear, de forma contínua, frutas e hortaliças desde o campo até a casa de embalagem, passando pelas operações de lavagem, seleção, classificação e embalagem. O uso de linhas automatizadas de seleção e classificação de produtos perecíveis depende, basicamente, da fragilidade e perecibilidade do produto. Por exemplo, hortaliças como

o morango, folhosas e ervas frescas são geralmente embaladas no campo a fim de se minimizar a ocorrência de injúrias mecânicas.

Durante os últimos 15 anos, a pesquisa em fisiologia e tecnologia pós-colheita propiciou uma série de inovações em sensores, e a capacidade computacional de várias máquinas estimulou a introdução de novas tecnologias que tornaram as atividades nas casas de embalagem muito mais eficientes. Essas tecnologias incluem:

- Equipamentos para transferência eficiente de produtos nas linhas de seleção e classificação;
- Controle variável de velocidade dos sistemas de seleção e classificação em casas de embalagem, baseado na qualidade do produto;
- Controle automático de sanificantes para sistemas de recirculação de água;
- Sensores computadorizados em tempo real, incluindo: *seleção digital de cor, formato e tamanho; sensores infra-vermelhos para qualidade interna; peso; firmeza; tamanho; controle de estoque; medida da qualidade do ar (O_2 , CO_2 , CO , C_2H_4 , amônia);*
- Operações de resfriamento eficientes e armazenamento refrigerado;
- Embalagens projetadas adequadamente;
- Contentores de plástico retornáveis e pallets;
- Registro de temperatura durante a distribuição;
- Acesso direto, em tempo real, a bases de dados.

Os sistemas de automação podem ser utilizados desde a recepção do produto que vem do campo até a distribuição. No estado americano da Califórnia, casas de embalagem de romãs empregam sistemas automatizados de recepção, seleção, classificação, enchimento de embalagens e distribuição (Fig. 1).



Fig. 1. Sistemas automatizados de recepção, lavagem e seleção de romãs (foto: Celso Luiz Moretti).

Para citros e tomates, a utilização de sistemas ópticos digitais de seleção e classificação de frutos é uma realidade. Nesses casos, câmeras digitais chegam a tirar até 48 fotos de um único fruto que passa sob os sensores, sendo capazes de identificar, em alguns casos, defeitos com até 1 mm² de área (Fig. 2).



Fig. 2. Sistema óptico digital de seleção de frutos cítricos em casa de embalagem (foto: Celso Luiz Moretti).

De acordo com o mercado de destino, são escolhidas as embalagens mais apropriadas. Assim, frutas e hortaliças selecionadas e classificadas podem ser colocadas em embalagens plásticas de 20 ou 25 kg ou serem transportadas a granel para um determinado cliente. Por outro lado, podem ser colocadas em caixas de papelão ondulado, com quantidades variando entre 5 e 8 kg, e enviadas para outra clientela específica. Podem ainda ser colocadas em sacos de aniagem

e também transportadas a granel. Mais uma vez, é extremamente importante que se saiba qual a demanda dos clientes a fim de entregar o produto que mais lhes agrade.

Um conjunto de informações mínimas deve constar das embalagens: nome do produto; nome do produtor ou razão social e o endereço; peso líquido do produto; data de embalagem. Outras informações adicionais podem ser incluídas: classificação do produto; qualidade do produto; prazo de validade.

A embalagem é considerada como um 'cartão de visita' de um produtor ou grupo de produtores, pois é um dos pontos altos de um trabalho de qualidade e apresentação, que colabora para o estabelecimento de um elo de fidelidade entre produtor e consumidor, o qual identifica na embalagem uma marca e um fornecedor com quem pode interagir, inclusive no caso de eventuais problemas.

Uma vez embaladas, as frutas e hortaliças devem ser submetidas ao resfriamento rápido visando retirar o calor de campo e maximizar a vida de prateleira do produto. Tal tecnologia surgiu aparentemente na década de 50 do século passado, quando cargas refrigeradas eram transportadas de costa a costa nos EUA. Com o final da Segunda Guerra Mundial, houve um significativo aumento da demanda por produtos refrigerados no mercado americano, o que alavancou, de forma decisiva, a cultura do frio naquele país.

Anteriormente conhecido como pré-resfriamento, o resfriamento rápido é uma técnica que preconiza o abaixamento, num curto espaço de tempo da temperatura de frutas e hortaliças frescas logo após a colheita, fazendo com que seja reduzido o metabolismo vegetal e, por consequência, aumentada a vida pós-colheita.

Assim, quanto menor for a temperatura com que o produto chegar à casa de embalagem para sofrer o resfriamento rápido, menos energia será gasta para abaixá-la. Desta forma, recomenda-se que a colheita seja feita nas horas mais frescas do dia, de preferência logo ao amanhecer. Exceções a essa regra são alguns frutos cítricos, que são facilmente danificados quando são colhidos pela manhã, pois estão muito túrgidos, ou quando se colhem frutos que serão enviados para o mercado de destino na mesma noite, a fim de se aproveitar as horas

mais frescas. Outras práticas simples como pintar o teto da casa de embalagem de cores claras, empregando tintas conhecidas como “frias”, a fim de aumentar a reflexão da luz solar e com isso abaixar a temperatura interna, bem como instalar aspersores no telhado (parte externa) da casa de embalagem, auxiliam na redução da temperatura ambiente e, por conseguinte, do produto.

O resfriamento de frutas e hortaliças envolve a transferência de calor do produto para um meio refrigerante, como o ar ou a água. Dentre os processos de transferência de calor envolvidos, citam-se a condução, a convecção, a radiação e a evaporação. No resfriamento rápido, é extremamente importante ter conhecimento sobre o tempo total que se gastará para se resfriar o produto até a temperatura desejada. Para se estimar esse tempo, são avaliadas normalmente duas variáveis: o tempo de meio resfriamento e o tempo de 7/8 de resfriamento. O tempo de meio resfriamento é o tempo gasto para se resfriar o produto até a temperatura média entre a inicial e a final. Frequentemente, utiliza-se também o tempo de 7/8 de resfriamento (que equivale, em média, a 3 vezes o tempo de meio resfriamento), que pode ser definido como o tempo equivalente para se resfriar o produto até 7/8 da diferença entre a temperatura inicial e a temperatura média do meio de resfriamento.

Dentre os métodos de resfriamento rápido mais empregados estão o resfriamento a ar, ar forçado, hidroresfriamento, por gelo e a vácuo. O resfriamento rápido a ar, também conhecido como o método da câmara fria, é um dos mais baratos e mais lentos para se resfriar frutas e hortaliças frescas. Os produtos são simplesmente colocados dentro de uma câmara fria, embalados ou não, à temperatura desejada, e o ar frio circula livremente através da carga, trocando calor com o produto, resfriando-o. A principal vantagem do resfriamento rápido em câmara fria é que o produto pode ser resfriado dentro da própria câmara que será utilizada para armazenamento posterior, não havendo necessidade, portanto, de ser transferido, o que minimiza o manuseio do produto. Dentre as desvantagens, citam-se a lentidão do processo, o que acarreta na maior possibilidade de deterioração, a maior necessidade de espaço, maior perda de água do produto, em função do maior tempo de exposição às condições de

estresse. Produtos que normalmente são resfriados pelo método da câmara fria são batata-doce, frutos cítricos e maçã.

O resfriamento rápido com ar forçado é o método mais popular empregado para se resfriar frutas e hortaliças frescas. Nessa modalidade, as caixas ou paletes são arranjados dentro de uma estrutura coberta com uma lona térmica e o ar frio é succionado através da carga, fazendo com que a temperatura abaixe de forma muito mais rápida do que na técnica descrita anteriormente. Normalmente, as caixas ou paletes são arranjados dentro de uma câmara fria, regulada para a temperatura desejada. Como principais vantagens, tem-se a rapidez do processo, a inexistência de condensação de água sobre o produto e a menor taxa de deterioração, em função da maior velocidade do processo, dentre outros. Em geral, o tempo de resfriamento com ar forçado é 75 a 90% menor do que com o método da câmara fria, mas ainda é mais lento do que o hidrorresfriamento ou resfriamento rápido a vácuo. Como principais desvantagens, estão a desuniformidade de resfriamento dos produtos, pois uns atingem mais rápido a temperatura desejada do que outros, a dificuldade do uso de embalagens secundárias, como normalmente é feito com folhosas, e a demanda de manuseio adicional dos produtos, dentre outros. Os principais produtos que são resfriados com essa técnica são pimentão, berinjela, tomate, morango, cebola e alho, dentre outros.

No resfriamento rápido com água gelada, ou hidrorresfriamento, o produto é resfriado por imersão, lavagem ou aspersão com água a baixa temperatura (Fig. 3). É um método econômico, simples e eficiente para se resfriar frutas e hortaliças frescas. A água utilizada nesse sistema deve ser potável e corrente a fim de se evitar possíveis contaminações do produto com microrganismos. Todavia, o uso de água corrente pode encarecer o processo. Dessa forma, preconiza-se a cloração da água na proporção de 100 a 150 mg de cloro livre por litro de água limpa.

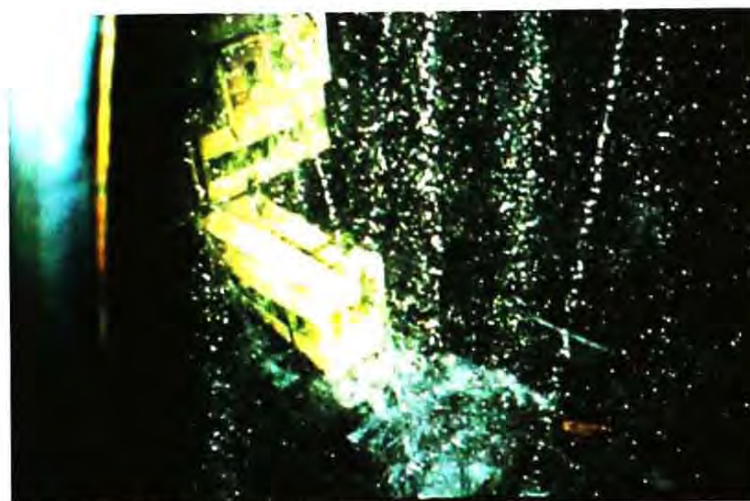


Fig. 3. Resfriamento rápido de feijão-vagem com água gelada (hidroresfriamento). (foto: Steven Sargent).

As principais vantagens do hidrorresfriamento são a rapidez do processo, a simplicidade e eficiência e a possibilidade de utilização em sistemas de diferentes tamanhos. Como principais desvantagens, citam-se a possibilidade de danos às embalagens, de contaminação disseminada pela água e a necessidade de uso de embalagens que não absorvam água (enceradas). Os principais produtos resfriados com água gelada são maçã, milho doce, cenoura, aipo (salsão), rabanete, pêsego e cereja.

O resfriamento rápido com gelo é uma variação do método anterior onde se utiliza gelo picado adicionado à água para aumentar ainda mais as vantagens do resfriamento com água gelada. O gelo picado é misturado com os produtos enquanto estes são embalados. Virtualmente, todo o gelo é consumido para absorver o calor do produto, resfriando-o. Como regra geral, cada quilo de gelo tem a capacidade de resfriar 8 quilos de produtos até cerca de 5°C, na maioria dos casos. O gelo pode ainda ser finamente moído, misturado à água e injetado no interior das embalagens de material previamente resfriado, assegurando a manutenção da baixa temperatura (Fig. 4). Esse método tem como principais vantagens permitir o uso racional do equipamento frigorífico, que pode ser utilizado para produzir gelo à noite, quando as tarifas energéticas são mais baratas, gerando os chamados “bancos de gelo”. Como desvantagens, citam-se o fato de que nem todos os produtos, mesmo aqueles que suportam temperaturas baixas, podem ter contato direto com o gelo, causando

danos superficiais visíveis e a dificuldade de se conseguir uma distribuição uniforme do gelo, dentre outros. A técnica é bastante utilizada para resfriar brócolis e milho doce.



Fig. 4. Resfriamento rápido de milho doce com gelo picado. (foto: Steven Sargent).

O resfriamento rápido a vácuo começou a ser utilizado em larga escala a partir de 1948 na Califórnia, EUA, para resfriar alface da cultivar iceberg. Nessa modalidade de resfriamento, o produto, normalmente com alta relação superfície / volume, como é o caso das folhosas, é colocado em câmaras herméticas onde a pressão atmosférica é drasticamente reduzida, fazendo a água do produto evaporar a temperaturas baixas, resfriando o produto (Fig. 5). É a evaporação da água da superfície do produto que ocasiona o abaixamento de sua temperatura e, por essa razão, o princípio é o mesmo do usado no resfriamento evaporativo. De maneira geral, evaporando-se entre 3 e 4% da água do produto, consegue-se abaixar a temperatura até a desejada. A principal aplicação do resfriamento rápido a vácuo é para folhosas, devido à elevada relação superfície / volume dessas hortaliças. As folhosas podem ser embaladas diretamente no campo e resfriadas a vácuo rapidamente, de forma bastante uniforme. Uma das principais vantagens do processo é a velocidade de resfriamento em comparação aos outros processos descritos anteriormente, além da eficiência energética, pois não há resfriamento das paredes da câmara, sendo perdida pouca energia. Por outro lado, tem como principal desvantagem o elevado custo e a necessidade de mão-de-obra especializada para sua montagem. A

instalação de um sistema de resfriamento rápido a vácuo só é justificada em regiões onde existe grande quantidade de produtos a ser resfriado, e a ociosidade do equipamento é mínima.



Fig. 5. Resfriamento rápido de alface americana com sistema a vácuo. (foto: Celso Luiz Moretti).

Após o resfriamento rápido, as frutas e hortaliças podem ser armazenadas em condições refrigeradas com controle estrito de temperatura e umidade relativa ou ser enviadas diretamente ao mercado de destino. Deve-se ter em mente que durante o armazenamento os produtos podem sofrer uma série de alterações que podem ser morfológicas, como murchamento, brotações e esverdecimento; fisiológicas, como escurecimento dos tecidos vegetais; e deterioração, principalmente causada pelo manuseio inadequado ou ataque de pragas ou doenças. Deve-se sempre ter em mente que as frutas e hortaliças continuam vivas mesmo depois da colheita e, por esta razão, devem ser manuseadas adequadamente para que o processo de senescência e de deterioração não sejam acelerados.

A temperatura de armazenamento varia de acordo com o tipo de fruta e hortaliça e com a parte comercial (folhas, frutos, raízes, tubérculos, inflorescências) que será armazenada. De maneira geral, produtos de origem tropical não toleram temperaturas de armazenamento abaixo de 10 - 12°C, enquanto outros podem ser armazenadas até a 0 °C.

Transporte

Após selecionado, classificado, embalado e identificado, o produto pode então ser despachado para o mercado de destino. O transporte deve ser preferencialmente realizado em caminhões refrigerados à temperatura adequada, de acordo com as exigências de cada produto.

O contentor refrigerado (baú) em que será colocado o produto deve ser previamente lavado com água limpa e sanitizado com água clorada (50 a 100 mg de cloro livre por litro de água limpa). É importante que o sistema de refrigeração do caminhão seja ligado antes de se colocar o produto dentro do baú e não depois de colocado o produto. Quando não houver a possibilidade de se utilizar caminhões com baús refrigerados, podem ser usados caminhões que possuam baús isotérmicos, isto é, com a parede revestida com material isolante, que impede que haja uma significativa troca de calor do produto com o meio externo.

Quando também não for possível a utilização de baú com material isolante, pode ser usada como alternativa a lona térmica, que é uma manta fabricada com material isolante, que tem a função de reduzir a troca de calor do produto com o meio externo. Recomenda-se em ambos os casos que tanto o baú quanto a lona isotérmica sejam pintados com tinta branca fria, que auxilia na manutenção da baixa temperatura do produto. Caso ambas situações de transporte acima descritas não sejam possíveis de implementação, recomenda-se que a carga seja transportada preferencialmente à noite, quando a temperatura é mais amena.

Frutas e hortaliças como alimentos funcionais

Frutas e hortaliças são fontes significativas e importantes de diversos compostos com propriedades funcionais. Uma dieta rica em frutas e hortaliças está associada com a redução do estresse oxidativo e de doenças correlatas. Os efeitos benéficos desses alimentos são atribuídos às substâncias funcionais ou bioativas presentes. Tais substâncias são constituintes extranutricionais que ocorrem, tipicamente, em pequenas quantidades, em produtos vegetais e alimentos ricos em lipídeos. Esses compostos variam amplamente em

estrutura química e função, e entre eles figuram compostos fenólicos, incluindo suas subcategorias como flavonóides; fitoestrógenos; pigmentos carotenóides como o licopeno; compostos organossulfurados; fibras alimentares; isotiocianatos e monoterpênos, dentre outros.

Compostos fenólicos contêm anéis aromáticos com um grupo hidroxila e variam de simples moléculas a grandes oligômeros. Nas plantas, os compostos fenólicos atuam como componentes estruturais, além de apresentarem atividade antioxidante, antimicrobiana, antiviral e anticarcinogênica. Muitos flavonóides possuem coloração variada tornando as flores e frutos atrativos para pássaros e insetos. Alguns deles combatem efetivamente radicais livres e íons metálicos.

As classes de fenólicos encontrados na dieta humana são os flavanóis (catequina, epicatequina e epicatequina galato, componentes dos chás verde e preto e do vinho tinto); flavononas (como a hesperidina, encontrada em alguns frutos cítricos); flavonóis (caempferol, miricetina, rutina e quercetina, encontrados em brócoli, cebola, frutas vermelhas e vinho tinto); flavonas (isoflavonas da soja, principalmente genisteína e daidzeína), antocianidinas (como as cianidinas das frutas vermelhas), e fenilpropanóides (como os ácidos caféico, elágico e clorogênico, presentes em café, batatas e morangos). Os benefícios dos compostos fenólicos têm sido investigados extensamente em células e tecidos *in vitro* e modelos de cobaias animais, documentando suas propriedades antioxidantes e sua participação na prevenção e em terapias de diversas doenças.

Nos últimos anos, diversos trabalhos desenvolvidos com frutas e hortaliças têm focado o efeito de tratamentos pós-colheita em aspectos quantitativos e qualitativos de compostos funcionais presentes nesses produtos. Assim, trabalhos desenvolvidos na Embrapa Hortaliças têm focado os efeitos de armazenamento refrigerado, processamento mínimo, cocção e desidratação, dentre outros, em compostos funcionais presentes em cebola, alho e morango.

Produção segura de frutas e hortaliças e rastreabilidade

A inocuidade dos alimentos consumidos tem sido uma preocupação diária em todo o mundo e está cada vez mais claro para os consumidores que sua saúde está diretamente relacionada com a qualidade do alimento consumido. Recentes surtos de contaminação de alimentos, como o ocorrido com espinafre nos EUA, têm levado autoridades públicas e empresas privadas a reavaliarem normas, padrões e diversos processos produtivos. A produção de frutas e hortaliças envolve uma série de etapas, desde a escolha do material propagativo até a comercialização do produto acabado, na forma fresca ou processada.

Frutas e hortaliças seguras são livres de contaminações de natureza biológica, química e física, ou seja, não causam dano nem são veículo para agentes capazes de colocar em risco a saúde do consumidor. Dentre os processos adotados na busca pelos padrões exigidos de segurança e inocuidade destacam-se as boas práticas agrícolas (BPA), a análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) e a produção integrada (PI). É importante salientar também que a rastreabilidade é parte integrante e indispensável do processo de obtenção de frutas e hortaliças seguras.

Os principais pontos que devem ser observados por produtores e técnicos na implementação de um programa de boas práticas agrícolas são as condições de higiene do ambiente de produção, a qualidade dos insumos utilizados, a escolha do material propagativo, a qualidade da água e de adubos orgânicos e minerais, as características dos solos quanto ao potencial de contaminação por microrganismos ou produtos químicos, o uso adequado de agroquímicos, a saúde e higiene dos trabalhadores, a existência de instalações sanitárias apropriadas, os equipamentos associados com o cultivo e a colheita, manuseio, armazenamento, transporte e tratamentos pós-colheita. Idealmente, as recomendações sobre as BPA devem ser colocadas em local bem visível na propriedade rural ou na casa de embalagem.

A análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) é um processo científico utilizado para se identificar perigos e estimar os riscos que podem afetar a inocuidade de um alimento, visando se

estabelecer medidas de controle e corretivas nas diversas etapas da cadeia produtiva de alimentos, incluindo-se frutas e hortaliças.

É uma das ferramentas utilizadas para se garantir a inocuidade dos alimentos. O APPCC é um sistema dinâmico e, quando aplicado corretamente, garante a ausência dos perigos considerados, já que foram controlados no processo. As boas práticas agrícolas descritas anteriormente são consideradas um pré-requisito para a implementação do sistema APPCC e sua adoção, na produção de frutas e hortaliças, ocorre apenas na etapa de pós-colheita, não sendo possível sua implementação na fase pré-colheita.

A elaboração do plano APPCC inclui sete princípios básicos: análise de perigos, identificação de pontos críticos e pontos críticos de controle, estabelecimento de limites críticos, programa de monitorização do limite crítico, ações corretivas (quando ocorrer desvios dos limites críticos), ações de registro e de verificação.

A produção integrada (PI) de frutas e hortaliças é um processo de obtenção de produtos de alta qualidade, priorizando-se métodos mais seguros do ponto de vista ecológico, buscando minimizar os efeitos secundários indesejáveis do uso de agrotóxicos e adubos inorgânicos. É um processo que tem como foco, além da qualidade, a proteção ao meio ambiente e à saúde dos consumidores.

A adoção da produção integrada de frutas brasileiras, como a maçã, a uva de mesa e a manga possibilitou que produtos nacionais adentrassem os competitivos mercados americano e europeu. Mais recentemente, hortaliças como o tomate industrial e a batata foram contemplados com programas de produção integrada, permitindo que esses produtos também se beneficiem desse novo processo de produção agrícola.

A rastreabilidade é um sistema de identificação que permite resgatar a origem e a história do produto em todas as etapas do processo produtivo adotado, que vai da produção ao consumo. Esse sistema deve, obrigatoriamente, estar contido em todos os processos que procuram obter como produto final frutas e hortaliças seguras destinadas ao consumo. A rastreabilidade é hoje uma exigência para

concretização dos contratos de importação de frutas e hortaliças por vários mercados em todo o mundo.

Até há pouco tempo, no Brasil, a identificação restringia-se somente ao controle do sistema de produção dentro da propriedade. Hoje, a maioria dos sistemas de rastreabilidade permeia várias cadeias produtivas brasileiras. Diversas tecnologias têm sido adotadas para a rastreabilidade de frutas e hortaliças frescas, sendo mais comumente adotado o sistema que emprega códigos de barra. Ultimamente, o sistema de identificação por rádiofreqüência tem sido empregado em várias partes do mundo, havendo uma tendência de expansão de uso desta tecnologia.

A identificação por rádiofreqüência ou *radio frequency identification* (RFID) baseia-se na identificação automática e recuperação de dados armazenados em sistemas com o emprego de antenas e etiquetas (*tags*) ou *transponders*. Uma etiqueta de identificação por rádiofreqüência é, basicamente, um objeto que pode ser incorporado a um produto, embalagem, palete, animal ou mesmo pessoa com o intuito de identificação, fazendo-se uso de ondas de rádiofreqüência. Em outras palavras, a identificação por rádio freqüência tem objetivo similar à da técnica de identificação por código de barras tendo, entretanto, várias vantagens comparativas.

O funcionamento do sistema é baseado em três partes: um transmissor (ou etiqueta), uma antena e um sistema de leitura. A etiqueta, que possui uma microantena em seu interior e pode ser tão pequena quanto metade de um grão de areia, recebe sinais eletromagnéticos emitidos por uma antena e, por sua vez, envia as informações armazenadas que são lidas por uma leitora. Uma grande vantagem desse sistema é que, diferentemente do código de barras, não há necessidade da proximidade física entre leitora e etiqueta bem como não é necessário que a etiqueta esteja no raio de visão da leitora.

As etiquetas possuem em sua constituição chips de silício e micro antenas, e podem ser de dois tipos: ativas e passivas. As etiquetas passivas não necessitam de uma fonte externa de energia e transmitem a informação para a antena quando interrogadas por essa. Já as etiquetas ativas possuem uma fonte própria de energia e

fornecem a informação também quando interrogadas pela antena, todavia de forma mais rápida

Nas etiquetas passivas, a diminuta corrente elétrica produzida na antena pelo sinal de radiofrequência que chega à etiqueta é suficiente para ativá-la e transmitir de volta a informação nela armazenada. Isso significa que a antena presente na etiqueta deve ser projetada de tal forma a tanto coletar energia do sinal recebido para sua ativação quanto usar esse sinal para enviar a informação disponível.

Ao contrário das etiquetas passivas, as ativas possuem uma fonte própria de energia, que é usada para fornecê-la aos circuitos integrados que geram o sinal de saída. As etiquetas ativas são mais eficientes do que as passivas uma vez que a energia própria permite que elas estabeleçam contatos mais eficientes com os sistemas de leitura. Além disso, elas são mais eficientes em situações desafiadoras, como presença de água livre, metal ou longas distâncias. Possuem maior memória e maior faixa de leitura, chegando a até 100 metros de distância da leitora. Algumas delas já possuem sensores que permitem o armazenamento de informações sobre temperatura, umidade relativa, impactos, radiação e até etileno.

De maneira geral, tanto as etiquetas passivas quanto as ativas podem ter uma variada gama de tamanhos e formatos. Etiquetas usadas em animais possuem diâmetro aproximado de uma ponta de lápis e comprimento de 1,3 cm. Já as usadas em humanos podem ser do tamanho de um grão de arroz. As etiquetas podem ser maiores, como é o caso dos discos de plástico presos às peças de roupas para impedir o furto em várias lojas em todo o mundo.

Existe uma gama variada de aplicação dos sistemas de identificação por radiofrequência. A tecnologia pode ser usada em documentos como passaportes, em bibliotecas, pedágios em rodovias, identificação de animais, no controle de vendas e de estoque em supermercados, na manutenção preventiva de aeronaves, no controle de bagagens em aeroportos, no controle de pacientes em hospitais, dentre outros.

No Brasil, a utilização da tecnologia de identificação por radiofrequência já é uma realidade em estradas dos estados de São

Paulo e Minas Gerais, dentre outros. Nesses estados as praças de pedágio possuem cabines dedicadas àqueles motoristas que possuem em seus veículos etiquetas ativas de identificação por rádiofreqüência que são interrogadas por antenas presentes nas cabines e, automaticamente, debitam na conta do usuário a tarifa do pedágio, sem necessidade de parada do veículo. A mesma tecnologia está sendo implementada em estacionamentos de *shopping centers* de São Paulo visando facilitar a entrada e a saída dos usuários.

Uma grande rede varejista americana é a principal precursora do uso da tecnologia de identificação por rádiofreqüência no controle e rastreabilidade de diversos produtos. A rede supermercadista iniciou o processo estimulando seus fornecedores a adotarem o uso da etiquetas nos produtos fornecidos. Inicialmente, foram feitos testes com 100 fornecedores, que verificaram uma melhora significativa na eficácia e eficiência de seus processos de compra e venda de insumos e produtos acabados.

De todas as aplicações da identificação por rádiofreqüência listadas anteriormente, a mais interessante para aqueles envolvidos com o agronegócio de frutas e hortaliças está na possibilidade da rastreabilidade desses produtos na cadeia produtiva. A adoção dessa identificação possibilita que produtos perecíveis como caixas ou paletes de tomates, melões ou laranjas, dentre outros, possam ser identificados e rastreados até o produtor, dando mais segurança para quem vende e mais tranquilidade para quem compra.

Diversos laboratórios em todo o mundo têm envidado esforços para otimizar o uso de sistemas de identificação por rádiofreqüência, especificamente para produtos perecíveis como frutas e hortaliças frescas. O Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças entrou, recentemente, nesse seleto grupo de instituições que estuda as aplicações da tecnologia de identificação por rádiofreqüência para produtos perecíveis frescos, mais especificamente, hortaliças frescas. Os estudos realizados na Embrapa Hortaliças estão inicialmente focados na localização das etiquetas e na velocidade de paletes de produtos e de esteiras carregadas com caixas individuais, bem como na presença de água livre na superfície de produtos, algo bastante comum de acontecer num sistema de manuseio pós-colheita como o

empregado no Brasil, onde a cadeia do frio é várias vezes quebrada (Fig. 6).



Fig. 6. Sistema de identificação por rádiofreqüência instalado na Embrapa Hortaliças com portal (E). Detalhe do posicionamento da etiqueta passiva no conjunto de caixas (D) (fotos: Celso Luiz Moretti).

Estão também previstos estudos desenvolvidos em parceria com outras instituições buscando o desenvolvimento de etiquetas ativas dotadas de sensores de O_2 , CO_2 , etileno e umidade relativa, dentre outros. A idéia é utilizar novas etiquetas já disponíveis no mercado produzidas à base de polímeros semicondutores que não possuem silício em sua constituição. Similarmente a outros polímeros condutores de energia elétrica, como os utilizados em equipamentos como o nariz e a língua eletrônicos, tais sensores permitirão a identificação e a quantificação de substâncias presentes no meio ambiente.

Literatura Consultada

BENARDE, M. A.; SNOW, W. B.; OLIVIERI, V. P.; DAVIDSON, B. Cynetics and the bacteria disinfection mechanism by chlorine dioxide. **Applied Microbiology**, Washington, v. 15, p. 2167-2171, 1967.

BEUCHAT, L. R. E.; GOLDEN, D. U. M. Natural occurring antimicrobial agents in food stuff. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, p. 135-142, 1989.

CANTWELL, M. I.; KASMIRE, R. F. Postharvest handling systems: fruit vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Oakland: University of California, 2002. p. 407-422.

CORDENUNSI, B. R.; GENOVESE, M. I.; OLIVEIRA DO NASCIMENTO, J. R.; HASSIMOTTO, N. M. A.; DOS SANTOS, R. J.; LAJOLO, F. M. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 91, p. 113–121, 2005.

CORTEZ, L. A. B.; HONORIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de Frutas e Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças; Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 428 p.

DAS, R. **An Introduction to RFID and Tagging Technologies**. Cambridge: United Kingdom, 2002. White paper, IDTechEx. Disponível em: <<http://www.idtechex.com>>. Acesso em: 2 Abr. 2007.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. **Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables**. Washington D.C., 1998. 38 p.

HÄKKINEN, S. H.; KARENLAMPI, S. O.; HEINONEN, I. M.; MYKKANEN, H. M.; TÖRRÖNEN, A. R. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, p. 2274-2279, 1999.

KÄKÖNEN, M. P.; HOPIA, A. I.; VUORELA, H. J.; RAUHA, J. P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T. S.; HEINONEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, p. 3954-3962, 1999.

KARKKAINEN, M. Increasing efficiency in the supply chain for short shelf life goods. **International Journal of Retail & Distribution Management**, Bradford, v. 31, n. 10, p. 529-536, 2003.

KITS, D. D. Bioactive substances in food: identification and potential uses. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 72, p. 423-424, 1994.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E.; HILPERT, K. F.; GRIEL, A. E.; ETHERTON, T. D. Bioactive Compounds in Foods: Their Role in the Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. **The American Journal of Medicine**, New York, v. 113, n. 9b, p. 71S-88S, 2002.

MELO, C. O.; MORETTI, C. L.; MACHADO, C. M. M.; MATTOS, L. M.; MUNIZ, L. B. Alterações químicas e físicas em bulbos de cebola durante o armazenamento refrigerado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES, 2., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. v. 1. p. 266-266.

MORETTI, C. L. Casa de embalagem e transporte. In: **ELEMENTOS de Apoio de Boas Práticas Agrícolas e o Sistema APPCC**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. v. 1. p. 165-180.

MORETTI, C. L. Vegetable crops production. In: ASSAD, M. L.; SPEEDY, A.; HAIGHT, B.; KUENEMANN, E.; CAMPOS, F. A. A. C.; MACEDO, J.; IZQUIERDO, J.; PORTO, M. C. M.; BARBOSA, S. (Org.). **Guidelines for Good Agricultural Practices**. Brasília: Embrapa, 2002, v. 1. p. 65-97.

MUNIZ, L. B.; MELO, C. O.; MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M.; CARVALHO, P. G. B.; OLIVEIRA, V. R. Qualidade física e química de cebolas minimamente processadas e armazenadas a 5°C. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES, 2., 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. v. 1. p. 268-268.

SANDERS, D. C.; MAHOVIC, M.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; RITENOUR, M. A.; SCHNEIDER, K. R.; SIMONNE, A.; BARTZ, J. **Good agricultural practices for the production and handling of tomatoes**. Raleigh, EUA: North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University, 2003. 4 p.

SPANOS, G. A.; WROLSTAD, R. E. Influence of variety, maturity, processing, and storage on the phenolic composition of pear juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 38, p. 817–824, 1990.

WELT, B. A.; EMOND, J. P. **RFID**: Making it so... With some help from the University of Florida. [S. I.]: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2005. 6 p. (Circular 1465).

Carne bovina - produção e avaliação da qualidade

Rymer Ramiz Tullio

Introdução

O Brasil é um país privilegiado no que se refere às condições para produção de proteínas de origem animal. Clima, solos, tecnologias e recursos humanos deixaram de ser obstáculos e passaram a constituir vantagens comparativas, que, somadas à imensa extensão territorial, possibilitam ao país produzir proteína animal com preços competitivos, em quantidades crescentes, com a qualidade desejada pelos consumidores. No caso específico da carne bovina, o progresso ocorrido nas últimas três décadas, especialmente na década de 1990, nas áreas de formação de pastagem, de produção e de conservação de forragem, de suplementação mineral, de melhoramento genético, de sanidade animal, de abate, e de processamento e de comercialização da carne, é bastante significativo (FELÍCIO, 2001).

O Brasil possui um rebanho de gado bovino de 207 milhões de animais, com número estimado de abates de 45 milhões de animais e produção de 9,2 milhões de toneladas de equivalente-carcaça, da qual aproximadamente 26 % são para exportação (CNPC, 2008). O país é o maior exportador de carne bovina do mundo, o que torna esta atividade econômica uma das mais importantes na sua balança comercial.

O conceito de qualidade varia, dependendo de como é visto pelos diversos setores da cadeia. Para o produtor, a melhor qualidade será atingida quando a produção apresentar menor custo e maior produtividade, e quando os animais tiverem melhor desempenho e maior rendimento de carcaça. Para o frigorífico é importante que os produtos apresentem bom acabamento, tais como cobertura de

gordura adequada para o resfriamento da carcaça e uniformidade dos lotes, o que representará melhor rendimento dos cortes nobres, além do peso, principalmente de animais jovens. Para o setor varejista, a padronização dos cortes, a aparência do produto e o tempo de vida-de-prateleira são os pontos considerados como mais importantes. A carne deve corresponder às expectativas do consumidor no que se refere aos atributos de qualidade sanitária, nutritiva e sensorial, além de ter preço justo. Ao adquirir a carne, o consumidor pressupõe que o produto seja proveniente de animais saudáveis, abatidos e processados higienicamente e rigorosamente inspecionados, rico em nutrientes necessários, com aparência típica e palatável à mesa após preparo (FELÍCIO, 1999).

As exigências quanto à qualidade e à segurança dos alimentos estão levando o produtor a implantar processos de controle de qualidade que certifiquem o alimento produzido. Além disso, a preservação do ambiente, exigência do mercado externo principalmente, tem obrigado o produtor a se preocupar, cada vez mais, com a sustentabilidade do sistema produtivo.

O intuito neste capítulo é mostrar como se poderá produzir carne de forma sustentável e avaliar sua qualidade no país.

Produção

Para que a propriedade rural mantenha a produção agroecologicamente sustentável, alguns fatores são importantes. Dentre eles destacam-se a área da propriedade, as instalações rurais, as pastagens, a alimentação, os animais, o manejo animal, o bem estar-animal, a responsabilidade e a função social, a gestão econômica e financeira, a gestão ambiental e a rastreabilidade.

Área

A bovinocultura de corte é uma atividade realizada em todo o território nacional. Para que ela seja conduzida de modo a atender às demandas impostas pela sociedade moderna, sua implantação e sua execução devem ser feitas com observância das restrições

existentes no código florestal brasileiro, referentes às reservas legais e às áreas de proteção ambiental. Essa atividade deve utilizar as informações do zoneamento agrícola e, se a escolha da área for inadequada, resultará em prejuízos sociais, ambientais e de rentabilidade do sistema (EUCLIDES FILHO et al., 2002).

Instalações rurais

As instalações rurais devem ser resistentes e funcionais para o tipo de exploração pecuária escolhida, devem ser seguras, tanto para os animais como para as pessoas responsáveis pelo manejo dos animais, e devem ser construídas da forma mais econômica possível. Instalações inadequadas podem reduzir a competitividade e comprometer a qualidade da carne e do couro.

As cercas devem ser construídas com arame liso e balancins. Devem-se evitar cercas de arame farpado, que podem causar danos no couro dos animais. As cercas internas, preferencialmente, podem ser eletrificadas, uma vez que seu custo é menor do que o das cercas tradicionais. Corredores devem ser construídos para facilitar a condução dos animais entre os pastos ou para o curral, sempre utilizando cercas com arame liso.

O curral deve ser construído em posição central da propriedade, em terreno firme e seco, de forma a permitir a realização de todas as práticas necessárias ao trato dos animais. Essa instalação deverá ter curral de espera, seringa, brete, tronco de contenção, balança, apartadouro, currais de aparte e embarcadouro. Segundo Grandin (2006), a construção na forma curva é vantajosa, pelas seguintes razões: os animais, ao caminharem em curva, "pensam" que estarão voltando para o local de onde vieram; não vêem pessoas e objetos em movimento no final do brete; e a forma em curva aproveita o seu comportamento circular natural. O embarcadouro deve ser construído de tal forma que a entrada tenha inclinação suave e que a saída seja horizontal, com pelo menos 2 m de comprimento; as laterais devem ser totalmente fechadas. É conveniente que no curral haja água potável, energia elétrica e sanitários.

Os reservatórios de água deverão ser construídos ou instalados, preferencialmente, nos locais mais altos da propriedade, de forma a permitir a distribuição da água por gravidade. A capacidade do reservatório deverá ser calculada para atender às necessidades diárias dos animais, com margem de segurança, para eventuais reparos. Os bebedouros devem ser instalados, preferencialmente, de forma a servir duas ou mais subdivisões de pastagem, considerando o consumo entre 50 e 60 L por unidade animal (corresponde a 450 kg de peso vivo ou uma vaca com bezerro ao pé) por dia. Podem ser construídos com diferentes materiais e devem ser limpos regularmente. A qualidade da água deve ser monitorada.

Os cochos para fornecimento de suplemento mineral devem ser cobertos, para evitar perdas pela ação das chuvas. Eles devem ser posicionados na pastagem de forma a permitir a visita dos animais pelo menos uma vez ao dia. Devem ter tamanho que possibilite 5 cm lineares de cocho por animal adulto. Os cochos para fornecimento de concentrados e de volumosos devem ser mais largos e disponibilizar 70 cm lineares para cada animal adulto.

Para a implantação de confinamento de animais, a consulta ao órgão responsável pelo ambiente é primordial. Uma vez obtida essa aprovação, a instalação deve ser feita em área levemente inclinada, próxima do centro de manejo e das áreas de produção, de armazenamento e de conservação dos alimentos. O piquete de engorda deve ser construído de forma a permitir a área de 15 a 20 m² por animal. Os cochos de alimentação devem ser construídos na parte frontal do piquete, utilizando qualquer tipo de material, desde que possa abrigar o volume de alimentos a ser oferecido aos animais.

Pastagens

As pastagens, principal fonte alimentar para os animais, devem possuir qualidade e ser produzidas em quantidade suficiente para atender durante o ano todo às demandas nutricionais das diversas categorias animais existentes na propriedade. Assim, sua correta formação, sua manutenção, sua recuperação ou sua renovação e seu manejo constituem fatores vitais para a competitividade do

sistema de produção. A formação incorreta e o manejo impróprio têm como consequência a não-conservação ambiental e a baixa possibilidade de produção de matéria-prima de qualidade (EUCLIDES FILHO et al., 2002). Portanto, na formação da pastagem, a escolha de espécies forrageiras adaptadas ao tipo de exploração, ao solo e ao clima da região é o primeiro fator a ser considerado (VALLE, 2006).

Para a formação, a recuperação e o manejo adequados das pastagens, segundo Euclides Filho et al. (2002) e Valle (2006), os seguintes pontos devem ser considerados:

- observação da legislação ambiental sempre que houver necessidade de desmatamento;
- manutenção de árvores, de modo a produzir sombra para os animais e assegurar a biodiversidade;
- utilização de práticas de conservação do solo, visando ao controle de erosão;
- utilização de espécies forrageiras adaptadas ao ambiente e de acordo com sua qualidade nutricional, sua produtividade, sua resistência e sua tolerância às pragas e às doenças e aos objetivos do empreendimento.
- utilização de corretivos e de fertilizantes de acordo com a análise físico-química do solo, as exigências das forrageiras escolhidas e o nível de produtividade desejado, seguindo sempre as recomendações técnicas;
- preparação adequada do solo, de acordo com suas características físicas e topográficas, considerando sempre as técnicas conservacionistas;
- utilização de sementes certificadas e insumos, adquiridos de empresas idôneas e usados nas quantidades recomendadas, aprovados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;
- consorciação de gramíneas com leguminosas ou formação de bancos de proteína;

- diversificação das pastagens, para controlar a expansão do monocultivo;
- utilização da integração lavoura–pecuária, sempre que possível;
- restrição no uso de produtos químicos, observando sempre a legislação em vigor e as recomendações do fabricante;
- adequação da taxa de lotação à capacidade de suporte das pastagens, evitando o superpastejo e o subpastejo;
- proibição do uso do fogo no manejo das pastagens, uma vez que essa prática compromete a qualidade do ar, reduz a fertilidade do solo e favorece o aparecimento de erosão;
- utilização do pastejo rotacionado, a fim de possibilitar períodos de descanso para as forrageiras;
- reposição periódica de nutrientes e controle de plantas invasoras.
- planejamento estratégico que assegure reserva de forragem para o período seco do ano;
- orientação por técnico especializado para otimizar a utilização dos insumos e o uso de técnicas que maximizem os melhores resultados.

Alimentação

A propriedade deve ser estruturada para poder disponibilizar aos animais, durante o ano todo, água limpa à vontade, pastagem de boa qualidade e, se necessário, alimentos suplementares que supram os requerimentos nutricionais de produção e de manutenção.

A suplementação alimentar permite melhor aproveitamento das pastagens, principalmente na época em que ocorre escassez de forragem. O uso estratégico de alimentos possibilita o abate de animais jovens, com melhor acabamento, que atende aos padrões requeridos pela cadeia produtiva.

Para que as exigências alimentares sejam atendidas, alguns tópicos, segundo Euclides Filho et al. (2002) e Valle (2006), devem ser observados:

- aquisição de produtos de empresas idôneas e que adotam programas de garantia de qualidade de seus produtos;
- manutenção de registro atualizado dos insumos utilizados na alimentação dos animais;
- utilização de produtos aprovados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, lembrando que é proibido o uso de suplementos que contenham proteínas ou gorduras de origem animal, de antibióticos como aditivo alimentar e de hormônios ou promotores de crescimento com efeito anabólico;
- manutenção de reservas de suplemento volumoso, para atender a possíveis déficit no período crítico do ano, normalmente planejada na estação chuvosa anterior;
- manejo do pasto a ser vedado, de modo a possibilitar disponibilidade e forragem para o período seco subsequente.
- estocagem dos produtos em locais adequados, protegidos de umidade, de roedores, de animais e de eventuais contaminantes;
- verificação do estado de conservação dos produtos antes de sua utilização;
- orientação por técnico especializado para formular os suplementos alimentares de forma apropriada.

Animais

A escolha dos animais é fator essencial para que o empreendimento tenha sucesso. Assim, reprodutores e matrizes devem ser adquiridos de propriedades conhecidas, que mantenham programas de melhoramento genético e de controle sanitário rigoroso no rebanho. Além disso, os animais devem ser adaptados às condições da região e ao sistema de produção a ser empregado, além de apresentar bom padrão zootécnico.

Manejo animal

O manejo animal, além de complementar a importância das pastagens e da alimentação, é a ferramenta que deve ser utilizada pelo produtor para assegurar o bem-estar animal, a segurança do pessoal e o rastreamento e a certificação do produto final.

Para que o manejo reprodutivo, o manejo sanitário e o manejo nutricional sejam conduzidos eficientemente, há necessidade da identificação individual dos animais, de modo a permitir o registro das ocorrências e das práticas utilizadas. O produtor deve utilizar um sistema de identificação que permita verificar e comprovar, ao longo do tempo, as informações referentes ao animal, tais como brinco, tatuagem, marca a ferro candente ou *chips* eletrônicos, que garantam a individualidade do animal. Se for utilizada a marca a ferro candente, deve-se marcar apenas nos locais permitidos pela legislação e o tamanho da marca não pode exceder 11 cm de diâmetro.

As principais doenças que acometem o rebanho são controladas com a vacinação dos animais ou mediante o controle estratégico de endoparasitas e de ectoparasitas. O manejo sanitário deve ter como base a adoção de medidas preventivas de controle de doenças; o respeito ao calendário de imunização preventiva e obrigatória do rebanho contra a febre aftosa e, quando necessário, contra a brucelose e a raiva; o atendimento às recomendações do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose, que visam à proteção da saúde pública e à erradicação dessas enfermidades; a utilização de vacinas e de medicamentos aprovados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; e o atendimento às recomendações técnicas para aplicação, conservação e armazenamento de vacinas e de medicamentos.

A exploração comercial do sistema tem por objetivo a otimização da produção de carne por hectare e esse processo tem início com a produção de bezerras. Entre as diversas práticas de manejo reprodutivo, destacam-se: o controle preventivo das doenças relacionadas à reprodução, o exame andrológico dos touros, o estabelecimento de estação de monta, o diagnóstico de gestação e a adoção de práticas de desmama.

O controle preventivo de doenças, tais como brucelose, tricomoniase, campilobacteriose, leptospirose, rinotraqueíte infecciosa e diarreia viral bovina, deve ser elaborado, uma vez que elas podem comprometer o desempenho reprodutivo do rebanho, por impedirem a fecundação, causarem abortos ou produzirem bezerros com peso inferior à média.

Antes do início da estação de monta, o exame andrológico completo é altamente recomendável, pois o impacto da fertilidade do touro no desempenho reprodutivo de rebanho é muito maior do que o da vaca. A baixa fertilidade dos touros causa grandes prejuízos na produtividade do sistema, quando não diagnosticado precocemente.

O estabelecimento de estação de monta é uma decisão importante no manejo reprodutivo. Ela permite ajustar o período da gestação, cuja demanda nutricional é maior, com a época de maior oferta de alimentos de qualidade. A estação de monta facilita as demais atividades de manejo e deve ter duração de aproximadamente três meses. Quando ainda não estiver implantada, deve-se iniciar com duração maior e reduzir gradualmente até chegar ao período proposto. O diagnóstico de gestação é importante para a melhoria da eficiência reprodutiva, pois identifica precocemente as fêmeas que não ficaram prenhes durante a estação de monta.

A desmama tradicional é efetuada entre o sexto e o oitavo mês de vida do bezerro. Entretanto, outros métodos de desmama podem ser utilizados, visando garantir o desempenho reprodutivo das fêmeas, sem que haja prejuízo no desenvolvimento do bezerro.

Bem-estar animal

As demandas de mercado priorizam sistemas de produção que respeitam o bem-estar animal, do nascimento ao abate. Ao produtor isso pode parecer preocupação excessiva e dispendiosa, entretanto, os benefícios que essa mudança de atitude trará à rotina de trabalho serão surpreendentes (VALLE, 2006).

Para que as necessidades dos animais sejam atendidas, deve-se garantir o fornecimento de água, de alimentos e de espaço mínimo

para que possam manter suas atividades; disponibilizar sombra, tanto para os animais criados de forma extensiva, como para os animais manejados intensivamente, independentemente da idade ou da raça. Não deve ser esquecida a capacitação das pessoas que lidam com os animais, treinando-as e capacitando-as para que possam desempenhar adequadamente as suas funções no manejo dos animais.

O bem-estar animal também deve ser considerado no manejo pré-abate. Assim, o produtor deve agrupar os animais em lotes uniformes, com antecedência e de acordo com o sexo, a idade e o peso. O uso de agulhões, de choque elétrico, de cães, de paus e de objetos pontiagudos deve ser evitado. Os animais devem ser conduzidos sem agitação no embarque e no desembarque. O transporte dos animais deverá ser feito nos horários mais frescos do dia, respeitando a capacidade de lotação do caminhão, que deverá estar apto para o transporte de animais.

Função social

A função social, de acordo com o artigo 186 da Constituição Federal, é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos requisitos de: 1) aproveitamento racional e adequado, 2) utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente, 3) observância das disposições que regulam as relações de trabalho e 4) exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores (BRASIL, 1988a).

Segundo o art. 184 da Constituição, (BRASIL, 1988b):

“Compete à União desapropriar por interesse social, para fins de reforma agrária, o imóvel rural que não esteja cumprindo sua função social, mediante prévia e justa indenização em títulos da dívida agrária, com cláusula de preservação do valor real, resgatáveis no prazo de até vinte anos, a partir do segundo ano de sua emissão, e cuja utilização será definida em lei”.

Para que a propriedade seja considerada produtiva, ela deve ser explorada econômica e racionalmente, e atingir, simultaneamente, graus de utilização da terra e de eficiência na exploração, segundo índices fixados pelo órgão federal competente. O grau de utilização da terra deverá ser igual ou superior a 80% (oitenta por cento), calculado pela relação percentual entre a área efetivamente utilizada e a área aproveitável do imóvel. O grau de eficiência na exploração da terra deverá ser igual ou superior a 100% e será representado pela soma dos resultados obtidos em cada microrregião homogênea com a produção vegetal, dividindo-se a quantidade colhida de cada produto pelos respectivos índices de rendimento estabelecidos pelo órgão competente do Poder Executivo, e com a produção da exploração pecuária, resultado da divisão do número total de unidades animais do rebanho pelo índice de lotação estabelecido pelo órgão competente do Poder Executivo. Esse resultado, dividido pela área efetivamente utilizada e multiplicado por 100, determina o grau de eficiência na exploração (INCRA, 2003).

Gestão Social

A satisfação das pessoas envolvidas no manejo da propriedade, o seu bem-estar e o de sua família são fundamentais para manutenção da competitividade do sistema de produção. O indivíduo, nessa condição, passa a ocupar posição de destaque nos sistemas de produção (EUCLIDES FILHO et al., 2002). Para Valle (2006) as propriedades rurais são parte da sociedade em que estão inseridas e por isso os proprietários têm como responsabilidade atender às obrigações sociais e trabalhistas, além de observar o impacto que produzem sobre o bem-estar humano, o ambiente e a sociedade.

Assim, ao proprietário rural cabe respeitar a legislação trabalhista, que envolve manter todos os empregados registrados; especificar todos os acordos pactuados nos seus respectivos contratos; exigir o exame admissional e o exame demissional, para verificar as condições físicas e psíquicas do trabalhador, quando da contratação ou do desligamento, respectivamente; e fazer o recolhimento das obrigações legais, tais como as contribuições para a previdência social, para o fundo de garantia por tempo de serviço e para o sindicato da categoria.

Cabe ainda ao empregador respeitar as obrigações sociais, que incluem a garantia de frequência das crianças à escola e a orientação sobre noções básicas de higiene e de saúde ao empregado e sua família, além de lhes proporcionar condições para o acesso à saúde pública preventiva. O empregador deve ainda prover os empregados de moradias em boas condições de habitação, propiciar treinamentos periódicos para melhorar o desempenho de suas funções e o seu desenvolvimento pessoal, pagar salários que possibilitem satisfação e bem-estar ao empregado e à sua família e não utilizar mão-de-obra infantil.

Gestão econômica financeira

As transformações socioeconômicas, políticas, culturais e tecnológicas tornaram a atividade agropecuária mais complexa e exigiram que o produtor aperfeiçoasse suas habilidades gerenciais, de forma a assegurar o acerto nas decisões e a melhorar o desempenho econômico e financeiro do sistema produtivo. A gestão, o gerenciamento ou a administração podem ser divididos em quatro segmentos: planejamento, organização, condução e controle.

O planejamento consiste na definição dos objetivos, no estabelecimento das metas e nas ações voltadas para consecução desses objetivos e dessas metas. Os pontos básicos a serem considerados são: a previsão das receitas e das despesas, a programação e o cronograma dos investimentos e o estabelecimento dos calendários de manejo (alimentar, reprodutivo e sanitário).

A organização trata da distribuição e da ordem da rotina de trabalho, e do estabelecimento das relações entre funções do pessoal e dos fatores físicos.

A condução nada mais é do que a coordenação das ações por meio da emissão de ordens e de estratégias de motivação. Entre elas estão: a definição e a adequação do cronograma de serviços a serem realizados no ano pecuário, a cobrança das ações previstas e o atendimento das exigências legais, de ordem trabalhista, fiscal, sanitária e ambiental.

O controle diz respeito ao acompanhamento das atividades, mediante comparação das metas com os resultados obtidos e correção das falhas que porventura ocorram.

A eficiência administrativa demonstrada na racionalização dos fatores produtivos é de fundamental importância na maximização do lucro da atividade.

Gestão ambiental

No artigo primeiro da Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965, consta que:

“As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta lei estabelecem” (BRASIL, 1965).

O Código Florestal define área de preservação permanente como área coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade e o fluxo gênico de fauna e de flora, e de proteger o solo e de assegurar o bem-estar das populações humanas, e reserva legal como área localizada no interior da propriedade ou da posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e à reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e à proteção de fauna e de flora nativas. As florestas e outras formas de vegetação natural são consideradas como áreas de preservação permanente quando situadas:

- Ao longo de qualquer curso d'água. A área de preservação dependerá da largura curso d'água (Tabela 1).

- Ao redor de lagoas, de lagos ou de reservatórios d'água naturais ou artificiais.

- Nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for sua situação topográfica.
- No topo de morros, de montes, de montanhas e de serras.
- Nas encostas ou em parte delas, quando tiverem declividade superior a 45°, equivalente 100% na linha de maior declive.
- Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues.
- Nas bordas de tabuleiros ou de chapadas.
- Em altitude superior a 1.800 m, em campos nativos ou cultivados, em florestas nativas e em vegetações campestres.

Tabela 1. Largura mínima da faixa marginal de preservação permanente dos cursos d'água.

Largura do curso d'água (m)	Largura mínima da faixa marginal (m)
Até 10	30
10 a 50	50
50 a 200	100
200 a 600	200
> 600	500

Fonte: Código florestal (BRASIL, 1965).

As florestas e outras formas de vegetação nativa, ressalvadas as situadas em área de preservação permanente, assim como aquelas não sujeitas ao regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, no mínimo, a título de reserva legal, 80% na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal, 35% na propriedade rural situada em área de cerrado localizada na Amazônia Legal, sendo no mínimo 20% na propriedade e 15% na forma de compensação em outra área, desde que esteja localizada na mesma microbacia e que seja averbada, e 20% na propriedade rural situada em área de floresta ou de outras formas de vegetação

nativa e em área de campos gerais localizada nas demais regiões do País (Medida Provisória nº 2166-67 (BRASIL, 2001)).

O produtor, cuja propriedade não atenda aos requisitos citados anteriormente, deve adotar, isolada ou conjuntamente, medidas para recompor a reserva legal de sua propriedade mediante o plantio, a cada três anos, de no mínimo 10% da área total necessária à sua complementação, com espécies nativas, de acordo com critérios estabelecidos pelo órgão ambiental estadual competente, conduzir a regeneração natural da reserva legal e compensar a reserva legal por outra área equivalente em importância ecológica e extensão, desde que pertença ao mesmo ecossistema e esteja localizada na mesma microbacia, conforme critérios estabelecidos em regulamento.

Rastreabilidade

Rastrear é a forma de identificar e de informar os dados de um produto, desde a origem até o destino, por meio de registros. A rastreabilidade é um assunto que tem interferido seriamente no mercado internacional da carne. As exigências feitas pelos países importadores ao sistema produtivo não têm sido atendidas de forma rápida e consistente. Para atender a essas exigências, o produtor deve observar a Norma Operacional do Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos (SISBOV), estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Para mercados mais específicos, outras exigências são impostas e cabe ao produtor se sujeitar a elas para poder colocar o seu produto em tais lugares.

Avaliação da qualidade

A avaliação da qualidade da carcaça pode ser feita de forma quantitativa ou de forma qualitativa. Na forma quantitativa, avalia-se o rendimento de carcaça quente ou resfriada, o rendimento de cortes básicos, o rendimento de cortes comerciais, a composição física (proporção de músculo, de tecido adiposo e de ossos), a composição química (proporção de água, de proteína, de gordura e de minerais)

e a medição de espessura de gordura externa e área do olho de lombo.

Rendimento de carcaça

Entende-se por carcaça o animal abatido, sangrado, eviscerado e sem a cabeça, as patas, o rabo, a verga e os testículos (machos) ou a glândula mamaria (fêmeas). O rendimento da carcaça quente é medido pela relação entre o peso da carcaça e o peso vivo de abate, obtido antes desse evento, após jejum de alimentos e água. O rendimento da carcaça resfriada é medido pela relação entre o peso da carcaça resfriada, após permanência em câmara fria a 5°C por aproximadamente 24 horas, e o peso vivo de abate.

Rendimento de cortes básicos

A Figura 1 apresenta a subdivisão da meia-carcaça nos cortes primários.

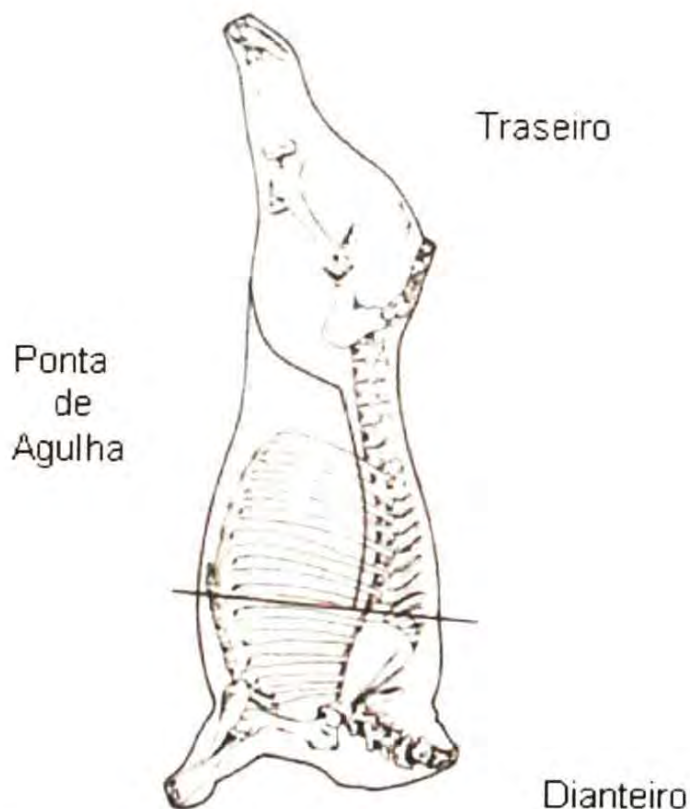
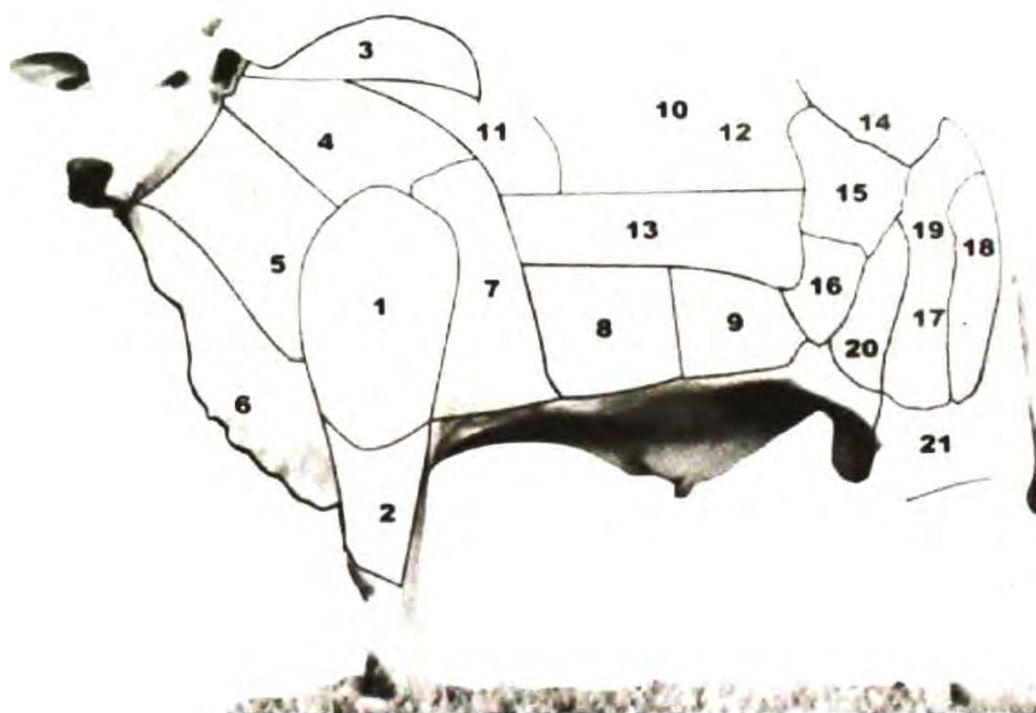


Fig. 1. Subdivisão da meia-carcaça nos cortes primários: traseiro, dianteiro e ponta de agulha (SCVCF, 1999).

Para o cálculo do rendimento de cortes básicos (traseiro, dianteiro e ponta de agulha), a meia-carcaça é separada em dianteiro e traseiro, entre a quinta e a sexta costela, com a incisão feita em igual distância das referidas costelas, alcançando as regiões esternal (peito) e da coluna vertebral, à altura do quinto espaço intervertebral. Do traseiro, à distância de 20 cm da coluna vertebral, é retirada a ponta de agulha ou costela, constituída das massas musculares que recobrem as oito últimas costelas, a última estérnebra, o apêndice xifóide e a região do vazio, resultando o traseiro especial. Os cortes são pesados para o cálculo de rendimento em relação à carcaça resfriada.

Rendimento dos cortes comerciais

O rendimento dos cortes comerciais é obtido após a desossa comercial, realizada segundo SCVCF (1999). A Figura 2 apresenta a posição dos cortes na carcaça.



- | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|----------------|
| 1. Paleta | 6. Peito | 11. Capa de filé | 16. Maminha |
| 2 e 21. Músculo | 7. Costela do dianteiro | 12. Filé mignon | 17. Coxão mole |
| 3. Cupim | 8. Costela do traseiro | 13. Aba de filé | 18. Lagarto |
| 4. Acém | 9. Fraldinha | 14. Picanha | 19. Coxão duro |
| 5. Pescoco | 10. Contrafilé | 15. Alcatra | 20. Patinho |

Fig. 2. Cortes da carcaça bovina (VALLE et al., 2004).

Nessa desossa, são separados do dianteiro os cortes denominados **raquete**, constituído da massa muscular situada na porção posterior da espinha escapular (fossa infra-espinhosa); **peixinho**, constituído da massa muscular situada na porção anterior da espinha da escápula (fossa supra-espinhosa), **coração da paleta**, constituído da massa muscular separada do peixinho, da raquete e dos demais músculos da paleta; **músculo do dianteiro**, constituído das massas musculares que envolvem o rádio e a ulna, compreendidas entre o coração da paleta e o carpo; **pescoço**, constituído das massas musculares compreendidas entre o acém e a face anterior do atlas; **cupim**, constituído das massas musculares situadas dorsalmente ao acém; **acém**, constituído das massas musculares situadas entre o pescoço e o filé da costela, limitando-se, em sua porção inferior, com o corte da costela do dianteiro; **costela do dianteiro**, constituída das massas musculares e das bases ósseas correspondentes às cinco primeiras costelas, limitando-se em sua porção superior com o acém e em sua porção inferior com o peito; e **peito**, constituído das massas musculares que recobrem o esterno e as cartilagens costais, limitando-se em sua porção superior com o corte denominado costela do dianteiro. Do traseiro especial, são separados os cortes denominados: **contrafilé**, constituído das massas musculares compreendidas entre o acém e a alcatra, após a retirada do filé *mignon* e a capa do filé; **filé mignon**, constituído das massas musculares aderidas à face ventral das três últimas vértebras torácicas e das seis lombares, do iliaco e do fêmur (terceiro trocanter); **capa do filé**, constituída das massas musculares sobrepostas ao contrafilé; **alcatra**, constituída das massas musculares compreendidas entre o lombo e o coxão, e dividida em maminha, picanha e coração da alcatra; **coxão mole**, constituído das massas musculares da face interna do coxão, separado do patinho, do lagarto e do coxão duro; **coxão duro**, constituído das massas musculares da face lateral do coxão, separado do lagarto; **lagarto**, constituído da massa muscular localizada entre o coxão duro e o coxão mole; **patinho**, constituído das massas musculares da face anterior do coxão separado do coxão mole, do coxão duro e da maminha da alcatra; e **músculo do traseiro**, constituído das massas musculares separadas do coxão duro e do coxão mole, aderidas à face posterior do joelho e das massas musculares da perna, separadas do patinho, que estão aderidas à tíbia e à fibula. Da ponta

de agulha são separados os cortes denominados **costela do traseiro** e **fralda**.

Composição física da carcaça

Para a determinação da composição física da carcaça (proporção de músculo, de tecido adiposo e de ossos), é feita a separação física destes componentes na amostra retirada entre a 10^a e a 12^a costela da meia-carcaça, conforme a técnica descrita por Hankins e Howe (1946). A secção H-H é obtida após separação da carcaça entre a 12^a e a 13^a costela, medindo-se a distância entre o ponto onde a vértebra foi seccionada e o início da cartilagem da 12^a costela; em seguida, define-se um ponto, localizado à distância da vértebra correspondente a 61,5% da referida medida, e traça-se uma linha perpendicular nesse ponto, encontrando outro ponto da interseção dessa linha com a circunferência externa da costela; daí, separa-se a parte dorsal da parte ventral, cortando-se as costelas nesse ponto; e finalmente separam-se a 9^a, a 10^a e a 11^a costela, cortando-se com a faca pressionada à face posterior da 8^a e da 11^a costela (HENRIQUE et al., 2003).

Composição química da carcaça (composição centesimal)

A determinação da composição química da carcaça (proporção de água, de proteína, de gordura e de cinzas) é obtida de uma amostra do músculo *longissimus*. O teor de água se obtém por meio de secagem em estufa a 105°C; o teor de proteína, por intermédio do método micro-Kjeldahl; o teor de extrato etéreo (gordura), com aparelho do tipo Soxhlet, em extração por 20h; e o teor de minerais (cinzas), pela queima da amostra em mufla a 600°C por 16h (ALLEONI et al., 1997).

Espessura de gordura externa e área do olho de lombo

A espessura de gordura de cobertura é importante, principalmente para proteção da carcaça durante o resfriamento. A área de olho de lombo representa a musculosidade da carcaça, ou seja, dá subsídios

sobre o rendimento de carnes da carcaça. Para a obtenção desses dados, na meia-carcaça é feito um corte transversal, entre a 12^a e a 13^a costela, de modo a expor o músculo *longissimus* para a medição da espessura de gordura, obtida no terceiro quarto da altura desse músculo a partir da coluna vertebral (Fig. 3), e o desenho do perímetro do músculo, em papel vegetal (Fig. 4), ou a medição por meio de uma régua de pontos. A medida da área desenhada no papel vegetal pode ser obtida com a utilização de um planímetro ou a utilização de um *software* apropriado.



Fig. 3. Medição da espessura de gordura externa.



Fig. 4. Desenho da área de olho de lombo.

Avaliação qualitativa da qualidade da carcaça.

A qualidade de uma carcaça também pode ser avaliada de forma qualitativa, quando se utilizam variáveis físico-químicas, tais como pH, capacidade de retenção de água, perda por cocção, textura e cor instrumentais, e quando se procede à análise sensorial.

Potencial hidrogeniônico (pH)

Para a medição do pH, geralmente são utilizados potenciômetros, com introdução dos eletrodos diretamente na carne (Fig. 5). O valor ideal de pH da carne, após o resfriamento, deve ser de 5,4 a 5,8. A queda do valor do pH, que no abate é por volta de 7, dependerá principalmente das condições do resfriamento e do nível de glicogênio muscular. O glicogênio presente na carne favorece a formação de ácido lático, que diminui o pH.



Fig. 5. Medição de pH.

Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água é definida como a habilidade da carne de reter parcial ou totalmente a água nela contida quando o músculo é submetido a forças externas (corte, moagem, pressão). A capacidade de retenção de água tem importante propriedade funcional, uma vez que influi no aspecto e na palatabilidade da carne

e está relacionada com as perdas de água durante o cozimento. Para a determinação da capacidade de retenção de água, $2,0 \pm 0,02$ g de amostra de carne são colocadas entre dois discos de papel-filtro, os quais são dispostos entre duas placas acrílicas; sobre estas é aplicado um cilindro de 10 kg por 5min (Fig. 6). A amostra resultante é pesada e por diferença é calculado a quantidade de água perdida e a porcentagem de água expulsa em relação ao peso da amostra inicial. A capacidade de retenção de água é expressa pela diferença entre 100 e a porcentagem de água perdida.



Fig. 6. Medição da capacidade de retenção de água na amostra de carne.

Textura (maciez)

A maciez é o parâmetro que mais contribui para a aceitação dos diferentes tipos de carne pelos consumidores, independentemente da idade, e pode ser definida como a facilidade de mastigar a carne, considerando-se as sensações de resistência à ruptura e à penetração e a presença de resíduos. A maciez da carne é influenciada por vários fatores. Entre os fatores de pré-abate, estão a localização e a função do músculo, o teor de tecido conjuntivo, a raça

e a idade do animal e o estresse pré-abate. A velocidade da queda de temperatura e de pH, o pH final, a atividade de enzimas, a estimulação elétrica da carcaça, a maturação e o modo de preparo do produto estão entre os fatores pós-abate.

A textura da carne pode ser medida em aparelhos, tais como texturômetros (Fig. 7), acoplados a uma lâmina do tipo Warner-Bratzler. Esses aparelhos medem a pressão necessária para que a lâmina seccione a porção do músculo. Essa pressão é denominada "força de cisalhamento".



Fig. 7. Medição da força de cisalhamento da carne por meio de texturômetro.

Cor

A cor da carne é o principal atributo que o consumidor julga antes de adquirir o produto. A cor da carne depende da concentração e da forma química da mioglobina. Na carne fresca, a mioglobina se encontra na forma reduzida, com a coloração vermelho-púrpura. Após a exposição ao oxigênio, ela se transforma em oximioglobina, com a coloração vermelho-brilhante.

A cor da carne pode ser medida por método objetivo, utilizando-se colorímetro (Fig. 8), no qual são avaliadas L^* (luminosidade), a^* [intensidade de vermelho – variação do verde (-) ao vermelho (+)] e b^* [intensidade de amarelo – variação do azul (-) ao amarelo (+)].



Fig. 8. Medição da cor da carne por meio de colorímetro.

Análise sensorial

A análise sensorial é a disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações de características dos alimentos e de materiais da forma como são percebidas pelos sentidos da visão, do olfato, do gosto, do tato e da audição (ABNT, 1993).

Na análise sensorial, feita por avaliadores treinados, em cabines apropriadas, normalmente são avaliados os atributos de maciez, de suculência, de sabor e de aroma. A maciez, um dos atributos mais importantes, é avaliada levando-se em conta a facilidade de penetração dos dentes na carne, a facilidade com que a carne se fragmenta e a quantidade de resíduos. Na suculência, são considerados a impressão de umidade durante as primeiras mordidas e o efeito estimulador da gordura na produção de saliva. O aroma é uma sensação complexa, que envolve uma combinação de odor, de sabor, de textura, de temperatura e de pH. Dessas

características, a mais importante é o odor. Na ausência de odor, predomina uma das quatro sensações degustativas primárias: amargo, doce, ácido ou salgado (NASSU e TULLIO, 2007). O sabor e o aroma são percebidos pela transformação de compostos hidrossolúveis e lipossolúveis. Compostos voláteis originários da gordura são responsáveis pelas características peculiares dos aromas das carnes bovinas. Esses atributos são influenciados pela idade e pelo sexo do animal, pela dieta, pelas mudanças durante a maturação e pelo processamento da carne.

Considerações finais

Ao produtor de carne cabe manter sua propriedade agroecologicamente sustentável, utilizando o ambiente corretamente, administrá-la de forma socialmente justa, tornando-a economicamente viável.

Aos profissionais das áreas de produção animal e de avaliação de alimentos cabe monitorar a qualidade da carne produzida, utilizando os procedimentos e métodos existentes, além de pesquisar novas metodologias que agilizem a busca aos resultados de forma mais rápida e mais precisa.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
Análise sensorial de alimentos e bebidas: NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8 p.
- ALLEONI, G. F.; BOIN, C.; LEME, P. R.; NARDON, R. F.;
DEMARCHI, J. J. de A.; VIEIRA, P. de F.; TEDESCHI, L. O.
Avaliação da composição química e física dos cortes da costela para
estimar a composição química corporal de novilhos Nelore. **Revista
Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 382-390, 1997.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República
Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988b. Art. 184.
p. 125.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988a. Art. 186. p. 126.

BRASIL. **Código florestal**: Lei n. 4771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 18 abr. 2008.

BRASIL. **Medida Provisória 2166-67, de 24 de agosto de 2001**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm>. Acesso em: 18 abr. 2008.

CNPC – CONSELHO NACIONAL DA PECUÁRIA DE CORTE. **Balço da pecuária bovdea de corte**. São Paulo: CNPC, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpc.org.br/site/Balanco.xls>>. Acesso em: 18 abr. 2008.

EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V. P. B.; CORRÊA, E. S. **Boas práticas na produção de bovinos de corte**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2002. 25 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 129).

FELÍCIO, P. E. de. Sistemas de qualidade assegurada na cadeia de carne bovina: a experiência brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, Campinas. Carne: qualidade e segurança para os consumidores do novo milênio. **Anais...** Campinas: CTC, ITAL, 2001. p. 342-355.

FELÍCIO, P. E. de. Qualidade da carne bovina: características físicas e sensoriais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

GRANDIN, T. **Dr. Temple Grandin's Web Page**: Design of stockyards, lairages, corrals, races, chutes, and loading ramps. 2006. Disponível em: <<http://www.grandin.com/design/cad/cad.html>>. Acesso em: 30 abr. 2007.

HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. **Estimation of composition of beef carcasses and cuts**. Washington, D.C.: USDA, 1946. 20 p. (USDA. Technical Bulletin, 926).

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A. A. M.; LEME, P. R.; ALLEONI, G. F.; LANNA, D. P. D. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudes a partir da composição química e física das 9-10-11^a costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 709-718, 2003.

INCRA – INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Instrução Normativa n. 11, de 4 de abril de 2003**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em: 28 abr. 2007.

NASSU, R. T.; TULLIO, R. R. Qualidade da carne. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 18., 2007, São Carlos, SP. **Palestras...** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 1 CD-ROM.

SCVCF – SINDICATO DO COMÉRCIO VAREJISTA DE CARNES FRESCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sessenta anos de história e inovações**. São Caetano do Sul: RPM Editora, 1999. 208 p.

VALLE, E. R. do; FEIJÓ, G. L. D.; ALMEIDA, A. V. L. de, RAMOS, M. H. F.; BELCHIOR, P. T. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial**: processamento da carne bovina. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 44 p. (Embrapa Informação Tecnológica. Série Agronegócios).

VALLE, E. R. do. (Ed.). **Boas práticas agropecuárias**: Bovinos de corte. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. 82 p.

Reforma agrária e agroecologia em São Paulo

Manoel Baltasar Baptista da Costa

Introdução

No presente texto busca-se refletir sobre a realidade da Reforma Agrária em São Paulo, com base nos acúmulos e observações de um ano de trabalho na coordenação do Projeto *Da Microbacia ao Agricultor Familiar: uma releitura do agroecossistema*, que vem sendo conduzido em 3 assentamentos e 2 ocupações na região central do Estado de São Paulo¹. Tal trabalho é financiado pelo CNPq enquanto um Projeto de Extensão, envolve 20 estudantes de graduação e pós-graduação da UFSCar, ESALQ e UNESP-Rio Claro, 12 pesquisadores de tais instituições, e do Instituto Agrônomo-IAC, a quem está afeta a responsabilidade institucional pelo Projeto.

Entende-se a viabilização da reforma agrária, assim como a promoção da construção civil, como dos poucos segmentos da economia capazes de promover a inclusão social. E para que isso ocorra, é necessário serem colocados como prioridade política, com uma dotação orçamentária efetiva.

Expressivos contingentes populacionais estão sendo parcial ou totalmente excluídos do processo econômico com a globalização, a concentração da renda, do poder político e econômico. Com a redução do acesso ao emprego e à renda, parcelas expressivas da população estão tendo uma degradação de sua qualidade de vida, com muitos na miséria absoluta, e os problemas correlatos de droga, prostituição e marginalidade social. Outrossim, não se pode dissociar a violência urbana do agronegócio (da agroindústria), que,

¹ Nos municípios de Araraquara, Descalvado, Pradópolis e São Carlos.

modernizado (a) pela revolução verde, promoveu expressiva redução dos postos de trabalho no meio rural e acelerado êxodo rural.

Afora a devastação ambiental com o uso da mecanização e agroquímicos, agressivos ao ambiente e ao ser humano, setores agroindustriais estão promovendo no Brasil condições de trabalho aviltantes e inadmissíveis no século XXI.

Como exemplo, no corrente ano agrícola já morreram 21 trabalhadores rurais do setor sucroalcooleiro paulista por excesso de trabalho, setor em que as condições de trabalho estão piores do que na escravidão do período colonial; o escravo tinha uma vida útil de 20 anos, e o trabalhador volante da cana, apenas 12.

Há que se considerar também que a agricultura se constitui em um setor da economia crescentemente subordinado aos interesses das agroindústrias situadas antes e depois da produção: o complexo agroindustrial (DELGADO, 1985).

A título de ilustração, na economia norteamericana, enquanto em 1910 os agricultores ficavam com 40% do valor da safra agrícola no mercado varejista, em 1990 tal percentual estava reduzido a 8%. Aumentaram os ganhos do setor processador e comercializador de 40% para 52%, e os custos de produção, de 20% para 40% (SMITH, 1992).

Na Região Metropolitana de Curitiba, dos produtos mais expressivos nos 25 municípios que a compõem, em relação ao uso do solo, geração de ocupações e renda, entre 1973 e 2002, o preço pago ao agricultor teve a seguinte queda: pelo milho, 41%; pela batata, 30%; pelo feijão, 38%; pela mandioca, 25%; pela cebola, 15%. Quanto à relação fator-produto, em 2002 o agricultor necessitava de duas a três vezes mais produtos que em 1973 para adquirir uma unidade de insumo² (COSTA, 2004).

A dívida dos agricultores brasileiros monta hoje em R\$ 131,00 bilhões de reais, daí se avaliar como carente de maior

² Levantou-se a evolução do preço de fertilizantes (nitrogenados, fosfatados e potássicos), do óleo diesel e manzate, um agrotóxico de uso corriqueiro no meio rural no período em referência.

fundamentação a euforia com o agronegócio como um setor relevante na promoção do desenvolvimento do país, inclusive o discurso governamental sobre o etanol. Os agricultores do 3º. Mundo competem no mercado mundial de commodities com produtos subsidiados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em US\$ 360,0 bilhões/ano, praticamente 1 bilhão de dólares por dia.

É com base em tal cenário e conjuntura que se procede à presente reflexão sobre o processo da reforma agrária em São Paulo, quanto às suas principais características os problemas que afetam a produção e os produtores, a sustentabilidade do processo a médio e longo prazo, e questões que se avaliam como centrais ao processo em si, e às comunidades assentadas. As considerações a seguir contemplam também uma reflexão sobre enfoques e propostas que se avaliam como passíveis de contribuir para a superação ou a mitigação de alguns dos óbices atuais.

Assume-se a agroecologia como um campo da ciência cujo marco teórico conceitual, princípios e orientações podem contribuir na superação de vários impedimentos identificados em assentamentos da região central do Estado, sejam eles geridos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), sejam pelo Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP).

Origens e características da Reforma Agrária em São Paulo

As condicionantes e apoios que foram propiciados pelo governo do Estado de São Paulo ao processo da reforma agrária foram bastante favoráveis, se cotejado com iniciativas afins em outras regiões do País.

O processo iniciou-se no governo Franco Montoro, que, pressionado pelos conflitos sociais no campo, promoveu a reforma agrária em terras pertencentes a empresas e instituições públicas, notadamente a antiga Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA). À época foram elaboradas propostas e projetos que contaram com os recursos humanos e materiais necessários à sua implementação.

Outro período relevante no processo da reforma agrária em São Paulo foi o governo Mário Covas, que assumiu reaver as terras públicas do Pontal do Paranapanema para proceder a seu desmembramento, região que havia sido invadida por grandes grileiros.

Na esfera da União, foram tomadas algumas iniciativas de incorporar ao processo áreas reavidas na justiça, de grupos econômicos falidos e por outros tipos de contravenção. Tal processo evoluiu para a conjuntura atual, em que há cerca de 10.100 mil famílias assentadas, em 168 assentamentos, distribuídos por 67 municípios paulistas.

Nas áreas desapropriadas pelo governo estadual, a gestão do processo foi delegada à Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo José Gomes da Silva, que veio a suceder o Instituto de Assuntos Fundiários (IAF).

No âmbito federal, a gestão dos assentamentos coube ao INCRA, que só recentemente assumiu um processo incipiente de assessoria e assistência técnica aos assentamentos.

Outro aspecto importante no processo da reforma agrária paulista foi o fato de o Estado obedecer, no estabelecimento do tamanho dos lotes familiares, o que determina a lei sobre desmembramento de áreas rurais: o módulo rural.

Há que se considerar também que as terras destinadas à reforma agrária em São Paulo, em sua quase totalidade, apresentam de razoável a boa aptidão agrícola, proximidade de mercados consumidores, e disponibilidade de tecnologias desenvolvidas por universidades e instituições de pesquisa públicas.

Outra característica do processo da reforma agrária em São Paulo é que expressivo número de famílias assentadas tinha pouca experiência e familiaridade com as lides agrícolas, pois alguns eram oriundos do meio urbano e muitos eram trabalhadores volantes. Tal fato é distinto de muitas realidades do sul do País, em que o maior número de famílias assentadas era de origem rural, agricultores que haviam perdido suas terras no processo de modernização, contratação de crédito rural e inadimplência.

Quanto à opção tecnológica

Desde o governo Montoro, foi adotado no processo da reforma agrária paulista o padrão tecnológico da revolução verde, modelo capital intensivo e poupador de mão-de-obra, de duvidosa compatibilidade com a realidade ecológica e sócioeconômica das regiões tropicais e subtropicais.

Tal orientação era coerente com os paradigmas vigentes nos anos 80, quando ainda era incipiente a discussão sobre modelos de produção que propiciassem um padrão de agricultura sustentável.

As famílias assentadas geralmente receberam recursos para a construção de moradias e infra-estrutura básica a fundo perdido, créditos de custeio e investimentos produtivos a baixo custo, que poucos conseguiram quitar. Isso gerou um elevado percentual de inadimplência, aspecto hoje impeditivo de os agricultores tomarem novos créditos para investir em seus sistemas produtivos.

No caso do ITESP, o governo incumbiu o órgão da gestão das áreas reformadas e dotou-o de equipe técnica encarregada da assistência às famílias assentadas, segundo o padrão tecnológico convencional, na perspectiva de se integrarem às cadeias produtivas comandadas pelas agroindústrias processadoras de alimentos.

Uma parcela de assentados que seguiram à risca o modelo proposto pelo Estado encontrou sérias dificuldades econômicas, seja por problemas de eficiência produtiva, seja pelos baixos preços recebidos com a venda da produção.

Realidade produtiva

Os agroecossistemas dos assentamentos são usualmente orientados pelos pressupostos da revolução verde, com a mobilização intensiva do solo, o descaso com as práticas conservacionistas, o uso de agroquímicos, em função da renda dos cultivos praticados pelos agricultores, e ainda se observa esporadicamente o uso do fogo na erradicação das palhadas.

Nas áreas objeto da ação do Projeto, identifica-se por parte dos agricultores pouco domínio das técnicas que apontam para um manejo sustentável dos recursos naturais, por exemplo do plantio direto, manejo vegetativo do solo, adubação verde e orgânica, aporte de nutrientes de fontes com baixa concentração e solubilidade, dentre outras opções e orientações.

Os recursos naturais (solo, flora e água) estão submetidos a práticas, na maioria das situações, incompatíveis com os pressupostos da sustentabilidade, em relação à manutenção de seu potencial produtivo e conservação no tempo.

Há ocorrência de processos erosivos com a não-manutenção das obras de conservação dos solos, de assoreamento dos mananciais hídricos, de ausência ou precariedade da cobertura florestal, e de poucas áreas de preservação permanente e reserva legal. Estas, em muitas situações, não existem ou estão definidas em áreas sem ou com insuficiente cobertura florestal.

Aspecto também preocupante diz respeito à elevada evasão dos jovens para o meio urbano, poucos permanecendo na terra. As principais razões para isso, segundo eles, são o difícil convívio com os progenitores, o não-acesso ao trabalho e à renda, somados aos atrativos da cidade.

Aspectos sócioorganizacionais e relações institucionais

Constata-se, em certos grupos, grande animosidade nas relações interpessoais e de vizinhança, e grande desalento da comunidade assentada em relação à ação pública e sindical, principalmente em função de sua descontinuidade, abrangendo praticamente todas as instituições.

Até onde vão nossas constatações, e do que se depreende dos relatos dos agricultores, a equipe técnica do ITESP já esteve mais envolvida na assistência técnica e implementação de atividades e projetos produtivos, geralmente concebidos e fomentados pelo Estado, sem a participação dos agricultores. Na atualidade, os técnicos estão mais ocupados nas rotinas burocráticas e

administrativas da Fundação, sobrando pouco tempo à assessoria e assistência técnica aos agricultores.

Ainda em relação à ação institucional do ITESP, ela tem se caracterizado por alterações de orientações político-administrativas e ações nem sempre coerentes ou afins, com períodos em que as condições de trabalho e salários são insuficientes.

Quanto à ação institucional do INCRA, só recentemente se iniciou algum trabalho junto aos assentados, de forma ainda incipiente e precária.

Reflexões sobre orientações passíveis de contribuir para o aprimoramento do processo da reforma agrária em São Paulo

À luz da realidade e dos problemas identificados nos assentamentos em que se está atuando, avalia-se como necessário um repensar sobre algumas orientações e procedimentos vigentes por parte das instituições públicas, e, no âmbito dos agricultores, de suas organizações formais e informais.

Dentre alguns campos em que se considera relevante uma reformulação se incluem:

A orientação tecnológica

Entende-se que o padrão tecnológico da revolução verde, por seus impactos sociais e ambientais negativos, e elevada demanda de capital - este o recurso mais escasso na esfera dos agricultores - se caracteriza como uma opção inadequada ao segmento da agricultura familiar, assentada e tradicional.

Como alternativa a tal modelo, situa-se a agroecologia, orientação passível de melhor atender à realidade e às demandas da agricultura familiar, área do conhecimento que tem como foco central de preocupação a sustentabilidade, relevada em sua dimensão produtiva, ecológica, econômica, social e energética (COSTA, 2004). Trata-se de uma área do conhecimento agrônomo que trabalha na perspectiva de compatibilizar o processo produtivo com a

conservação dos recursos naturais, através da observância dos princípios ecológicos na condução dos agroecossistemas, segundo cada realidade edafoclimática e sócioeconômica.

A agroecologia pressupõe a busca da autonomia dos agroecossistemas via otimização do uso dos recursos endógenos, intensificação da diversificação e integração das atividades vegetais e animais, manejo da biodiversidade funcional na busca do equilíbrio biológico dos agroecossistemas, orientações essas que propiciam uma menor demanda de energia externa e gasto monetário.

Outro foco relevado na agroecologia diz respeito à opção pelos processos participativos e pela construção social do conhecimento, incluindo os atores direta ou indiretamente envolvidos com o processo; seja na leitura e no diagnóstico da realidade, seja na busca e identificação de alternativas de superação dos problemas que afetam a produção, os agricultores e as comunidades rurais. Enfatiza também os processos e relações voltadas ao espaço local e regional.

Entende-se que a consecução de iniciativas voltadas ao desenvolvimento local sustentável implica no envolvimento e participação dos atores sociais no processo de discussão, formulação e execução de projetos, em âmbito comunitário e produtivo.

Na esfera da agroecologia, está presente também a preocupação com a valorização da produção, o que perpassa a preocupação com o processamento da produção e a melhoria dos esquemas de comercialização, no âmbito dos agricultores e de suas organizações formais e informais.

Participação como elemento central

Questão histórica no processo de reforma agrária em São Paulo foi o Estado sempre providenciar os meios para os agricultores assentados realizarem sua produção. Todos os projetos e ações assumidas partem do Estado, viabilizados no âmbito técnico e diretivo, sendo comum a prática da facilitação e/ou doação de meios para a produção (sementes, preparo do solo).

O resultante é o agricultor não mais se preocupar com a preservação do germoplasma, não estar equipado mecanicamente, além de trabalhar de forma desorganizada, pois é orientado a executar projetos em cuja elaboração não participa, apesar das boas intenções de seus mentores.

Avalia-se que uma nova postura dos quadros técnicos deva ser a de assessorar processos alimentados e em curso no seio do tecido social, através de dinâmicas participativas, fazendo com que os agricultores reflitam sobre sua realidade e caminhos factíveis de serem perseguidos, na busca de melhores condições de renda e qualidade de vida.

São fundamentais no processo de fortalecimento da agricultura familiar a inclusão e a organização social e econômica dos agricultores, para a consecução do desenvolvimento rural sustentável em suas dimensões produtiva, ecológica, sociocultural, econômico-financeira e energética.

As dimensões da sustentabilidade

Questão central do processo da reforma agrária diz respeito à sua viabilização e manutenção no tempo, com a incorporação dos novos agricultores ao processo produtivo agrícola em condições de vida dignas, o que pressupõe a geração de ocupações e renda nos assentamentos, através de processos produtivos eficientes, que garantam a conservação dos recursos naturais que suportam a atividade agrícola, de forma sustentável.

Masera et al. (1999) defendem que a sustentabilidade seja definida a partir de cinco atributos gerais: produtividade, resiliência ou estabilidade, adaptabilidade, equidade, e auto-suficiência ou autonomia (Fig. 1). A produtividade relaciona-se às saídas do sistema em determinado espaço de tempo; a resiliência está associada à capacidade de o sistema se manter em uma dinâmica constante no tempo, na presença de repetidas restrições ecológicas e pressões socioeconômicas; a adaptabilidade diz respeito à compatibilidade do sistema com as condicionantes ecológicas e socioeconômicas em que está inserido; a equidade refere-se à forma

pela qual são apropriados os benefícios gerados a partir do sistema; e auto-suficiência ou autonomia é relativa ao grau de dependência do sistema de aportes externos em sua gestão e funcionamento.

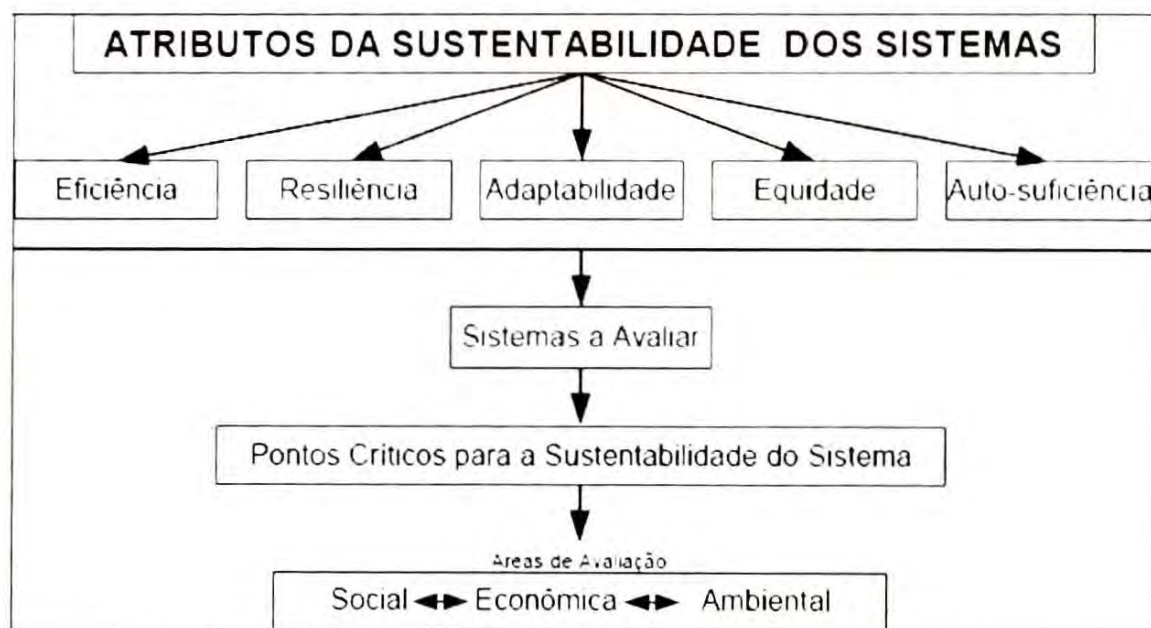


Fig. 1. Esquema geral do método MESMIS (adaptado de MASERA et al., 1999).

Com base em tais atributos, cabe serem monitorados os sistemas-foco de nosso interesse, identificando os aspectos favoráveis e os pontos críticos, nas esferas social, econômica e ambiental, assim como os processos, elementos e alternativas factíveis à superação. O MESMIS também pressupõe a adoção de processos participativos para a construção das propostas de trabalho com as comunidades.

Quanto a uma abordagem sistêmica e holística

O agricultor familiar está inserido em um processo complexo de cadeia produtiva, em que vários interesses estão em jogo. Sua inserção no mercado de insumos e produtos é pautada pelo padrão tecnológico convencional, que lhe cria necessidades crescentes a montante da produção e subordinação a jusante, aos segmentos comercial e industrial que operam de forma oligopolizada se apropriando de elevadas margens de lucro.

O agricultor é responsável pelo manejo de recursos naturais que precisam ser preservados no tempo, organizando seus agroecossistemas com maior ou menor diversidade e eficiência, a depender de sua cultura, valores, mercado, tipo de informação recebida.

Em âmbito produtivo, lhe é demandado o domínio na condução das atividades agrosilvipastoris, cuja viabilidade é, em larga medida, função de fatores externos, geralmente impeditivos de sua consolidação de forma sustentável.

Diante de tal complexidade, na análise e assessoria aos agricultores assentados no Estado de São Paulo se faz necessário adotar um enfoque sistêmico e holístico de leitura da realidade, conforme o expresso na Figura 2.

A abordagem sistêmica propicia o entendimento do funcionamento das unidades produtivas, permitindo correlacionar e analisar distintos campos, disciplinas e/ou variáveis envolvidas em determinado processo (HART, 1985).

Assim, com base nos princípios e conceitos da agroecologia pode-se planejar o manejo dos agroecossistemas na busca de sua sustentabilidade, e isso pressupõe a adequação da agricultura a cada realidade ecológica no tocante à estrutura dos sistemas produtivos, à biodiversidade, à orientação genética das distintas atividades produtivas vegetais e animais (COSTA, 2004).

A biodiversidade é estimulada no espaço e no tempo, no que se define com a biodiversidade funcional (ALTIERI e NICHOLLS, 2000). Afora os esquemas de rotação, consorciação, cultivos em faixas, a integração das explorações vegetais e animais, aqui se incluem os sistemas agroflorestais, na perspectiva da diminuição dos impactos ambientais, incremento da biodiversidade local e da diversidade produtiva, tornando a demanda por mão-de-obra mais bem distribuída no ano, promovendo fontes alternativas de renda e a verticalização do sistema produtivo.