

NANOTECNOLOGIA E “AGRICULTURA INTELIGENTE”¹

Richard Domingues Dulley²

O Brasil vive atualmente um *boom* dos agronegócios. Os fundamentos tecnológicos da quase totalidade das atividades agrícolas brasileiras, em sua maior parte, dependem dos denominados insumos modernos, entre os quais se destacam os agroquímicos. A recente aprovação da Lei de Biossegurança, que permite a realização de pesquisas e a comercialização de produtos transgênicos, abre espaço para que muitos agricultores que não se arriscaram a plantar ilegalmente decidam adotar a partir de então as sementes transgênicas em seus estabelecimentos agrícolas. Outros agricultores, tendo em vista a crescente demanda por produtos orgânicos ou agroecológicos, podem decidir passar a cultivá-los. Mas a grande maioria, provavelmente, ficará fora da transgenia e da agroecologia, continuando a confiar na base tecnológica com a qual está acostumado há décadas. Esse sistema de produção fundamenta-se, em grande parte, no uso de agroquímicos, motomecanização, irrigação, hormônios de crescimento, antibióticos, etc. e foi dele que decorreram impactos ambientais negativos provocados pelo seu uso abusivo e/ou incorreto.

Essa base tecnológica foi gerada, construída e implantada com subsídios financeiros do Estado a partir da segunda metade do século XX, e promoveu significativos aumentos da produtividade e produção agrícola no mundo. A esses reconhecidos benefícios no curto prazo desse sistema de produção agrícola, seguiu-se o surgimento a médio e longo prazos de uma crise ambiental por ele provocada e reconhecida quase que unanimemente. Frente a essa crise, medidas foram propostas em nível internacional buscando a promoção da agricultura sustentável, prevista na Agenda 21, como indutora da redução dos efeitos danosos ao ambiente. Também logrou-se, através de iniciativas particulares, o incentivo da agricultura orgânica ou agroecológica.

A produção agrícola com a utilização de sementes e animais resultantes da engenharia genética provocou uma reação negativa por parte

de grupos de consumidores e setores organizados da sociedade. Essa reação talvez não tenha sido esperada, uma vez que por ocasião do lançamento das tecnologias geradas pela “revolução verde” a aceitação mundial foi quase imediata e entusiástica.

É nesse contexto que se apresenta a discussão da “agricultura inteligente”, tema que no momento alguns podem considerar prematuro mas que a médio e longo prazos definirá os caminhos a serem trilhados pela produção agrícola em função das tecnologias adotadas e da importância relativa adquirida por cada sistema no mercado.

Fronzaglia e Vegro (2005)³ desenharam ... “três possíveis cenários alternativos para o processo inovativo da nanotecnologia molecular aplicada a agricultura: disruptiva, complementar/convergente e concorrente”.

A extensão por uma ou duas décadas da predominância da denominada agricultura convencional que utiliza a tecnologia moderna já gerada e disponível pode-se considerar ainda indiscutível. E isso porque goza de ampla confiança dos produtores agrícolas e ocupa posição bastante segura e duradoura no contexto da produção mundial. É tendo como referência o seu universo tecnológico e de mercado que a maioria dos agricultores toma decisões quanto à adoção de novas tecnologias.

Este ensaio tem como objetivo chamar a atenção dos agricultores para o fato de que paralelamente às pesquisas desenvolvidas no âmbito da tecnologia moderna nos países do primeiro mundo, já foram e estão sendo realizadas pesquisas que geraram e estão gerando tecnologias totalmente desconhecidas em escala nanométrica (DULLEY, 2004)⁴. Algumas estão sendo desenvolvidas no presente (mas só poderão apre-

¹Registrado no CCTC IE-20/2005.

²Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola.

³FRONZAGLIA, T.; VEGRO, C. L. R. **Nanotecnologia e inovação no agronegócio**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1667>>. Acesso em: 18 mar. 2005.

⁴DULLEY, R. D. (2004). **Nanotecnologia no agronegócio: explorando o futuro**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1640>>. Acesso em: 18 mar. 2005.

sentar resultados práticos no curto e médio prazos), e outras ainda incipientes, porém mais revolucionárias, que produzirão resultados apenas no longo prazo. Os produtores devem, portanto, estarem atentos para perceber qual dos três cenários já citados deverá prevalecer e a partir disso tomar suas decisões para o futuro.

Cabe, entretanto, apenas como um primeiro alerta, a informação sobre a proximidade da ocorrência de drásticas mudanças tecnológicas na produção agrícola e até mesmo no seu papel na economia. E isso pode ser vislumbrado a partir de algumas breves considerações: é evidente que nos últimos anos foi significativo o aumento da velocidade com que estão sendo desenvolvidas e descobertas novas tecnologias; o que as diferencia das anteriores é seu elevado potencial para promover em prazo inesperadamente curto uma verdadeira nova revolução tecnológica na agricultura; e que, nesse caso, toda a base tecnológica da agricultura moderna poderá tornar-se obsoleta em curtíssimo prazo.

Ressalte-se, por um breve paralelo histórico, que, de modo geral, a maior parte das pesquisas científicas, que resultaram no desenvolvimento atualmente alcançado pelo setor industrial, teve como objetivo principal o estabelecimento de conjuntos de máquinas "inteligentes" que compusessem uma "indústria inteligente". E isso para que produzissem significativos acréscimos da produção, produtividade e deslocamento da mão-de-obra, especialmente através da robotização, aumentando a sua competitividade no mercado.

A adoção desse objetivo idêntico, visando o aprofundamento da industrialização dos processos de produção agrícola, até há poucos anos, estava tecnicamente muito limitado, pois se adequava apenas ao campo da produção industrial. Recentemente, entretanto, o desenvolvimento científico e tecnológico indica que a industrialização quase que total da agricultura deverá com certeza ocorrer.

A concretização da industrialização da agricultura, que poderá chegar a ser quase que total, resultará da convergência dos mais recentes avanços no campo da biotecnologia e nanotecnologia molecular⁵, informática e microeletrô-

⁵DEXTLER, E.; PETERSEN, C. (1991). **Unbounding the future: the nanotechnology revolution**. Disponível em: <http://www.foreseght.org/UTF/Unbound_LBW/>. Acesso em: 18 mar. 2005.

nica. Especialistas consideram que não se conhece exatamente o prazo em que isso ocorrerá, mas concordam que o estabelecimento de uma "agricultura inteligente"⁶ será uma realidade.

A natureza da nanotecnologia molecular no presente, seu estado das artes e a literatura atual disponível permitem inferir que esta poderá ter a capacidade de em conjunto com outras tecnologias alterar drasticamente as históricas características da agricultura. A milenar incerteza dos resultados e riscos que forçosamente se enfrenta nos atuais processos de produção agrícola no contexto de um ambiente natural utilizando as mais atuais tecnologias modernas disponíveis, praticamente deixariam de existir.

A adoção e a prática da "agricultura inteligente" significarão uma mudança quase radical do paradigma de produção. Um primeiro passo certamente já foi dado pelo desenvolvimento da agricultura de precisão, porém, além das dificuldades técnicas ela tem ainda sua expansão severamente restringida pelos elevados custos e ainda está sujeita a incertezas e riscos (FRONZAGLIA e VEGRO, 2005).

Opara (2004)⁷ considera que a "agricultura inteligente" será produto da convergência dos mais recentes desenvolvimentos científicos e tecnológicos, baseada em uma tríade tecnológica composta pela **biotecnologia, informação e comunicação tecnológica (ICT) e nanotecnologia**. Esse autor considera, ainda, que a "agricultura inteligente" estaria destinada a revolucionar a agricultura no século XXI, mas de modo muito

⁶O conceito de "agricultura inteligente" abrange todos os aspectos do desenvolvimento tecnológico que podem gradualmente estar contribuindo para a substituição da ação direta da inteligência humana através da programação de decisões para equipamentos eletro-mecânico, robótica, mecatrônicos, de informática, microeletrônicos e de comunicação em relação a coleta de informações no campo e sua utilização na realização de operações necessárias à qualquer sistema de produção agrícola. Alguns exemplos podem ser vistos em: <http://www.intel.com/research/vert_agri_vineyard.htm>; <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=27058>> e também em OPARA, L. U. (2004). **Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21 th century**. Part I. Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. Disponível em: <<http://cigrejournal.tamu.edu/submissions/volume6/Invited%200verview%200para%20final%2017%20August2004.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2005.

⁷OPARA, L. U. (2004). **Emerging technological innovation triad for smart agriculture in the 21 th century**. Part I. Prospects and impacts of nanotechnology in agriculture. Disponível em: <<http://cigrejournal.tamu.edu/submissions/volume6/Invited%200verview%200para%20final%2017%20August2004.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2005.

mais radical do que a provocada pela denominada “revolução verde”. Considera esse pesquisador que a adoção desse tipo de tecnologia causará dolorosos impactos tecnológicos e socioeconômicos e que o potencial da nanoeletromecanização na agricultura moderna será imenso. Como decorrência surgirão questões sociais, políticas e éticas a serem enfrentadas com o desenvolvimento do processo de miniaturização e eletromecanização da agricultura (nanoagricultura).

Essa tríade de tecnologias convergentes é que provavelmente alavancará os futuros avanços tecnológicos no campo da agricultura e poderá constituir até mesmo uma das respostas para os atuais problemas da agricultura convencional em relação aos impactos ambientais por ela causados. Outro aspecto que com o passar do tempo tende a tornar-se cada vez mais problemático na agricultura moderna é a crescente necessidade de utilização de energia na agricultura, originária quase toda ela (na forma de fertilizantes, força motriz, agrotóxicos, etc.) do petróleo que é um recurso natural não-renovável. Apesar do debate em torno do tema, há sérios estudos que afirmam que esse produto tende (ainda que em prazos discutíveis) a tornar-se cada vez mais caro ou até mesmo se esgotar BROWN-MARTIN (2004)⁸. As tecnologias convergentes poderão apresentar soluções para as necessidades energéticas da produção de alimentos e demais matérias-primas.

É nesse cenário de problemas da agricultura moderna que se coloca como uma possível “saída” viável, as potencialidades da nanotecnologia para reduzir o prazo da viabilização de uma “agricultura inteligente”. Nesse sentido, Opara (2004) considera que *“a aplicação da nanotecnologia na agricultura terá sem dúvida profundos impactos na agricultura com características muito semelhantes à das atuais indústrias e na maneira pela qual a sociedade vê a agricultura e seu papel especialmente no bem estar humano.”*

Seguem-se alguns aspectos destacados por esse autor quanto a oportunidades já existentes e futuras para a nanoagricultura visando o estabelecimento de uma “agricultura inteligente”: “Um dos campos mais promissores é o da identificação, captação, análise, armazenamento e transmissão de informações precisas e confiá-

veis sobre o produção/manejo ambiental de animais/ plantas de modo a atender as demandas por elevadas produções e boa qualidade dos produtos”. O autor denomina a isso “Agrinfortronics” que poderia ser traduzido para “Agroinfortrônica”, ou seja a união da agricultura, informática e eletrônica.

O autor considera necessária a integração entre biotecnologia, bioengenharia e nanotecnologia na agricultura, uma vez que na escala nano, os problemas práticos da nanoagricultura somente poderão ser resolvidos com a participação dos diversos enfoques.

Uma das aplicações, talvez a mais prática, refere-se à diagnose agrícola e aspersão de drogas através de um conjunto de nanotubos⁹. Já existem dispositivos para tal finalidade que apresentam uso potencial na agricultura. Estes, poderão revolucionar os processos de diagnósticos exatos, uso de drogas em animais de criação e seu tratamento, assim como na identificação e controle de doenças e pragas em plantas.

Ainda é grande o desconhecimento sobre os avanços tecnológicos que estão acontecendo no mundo abrangendo o setor agrícola, mas este está sendo rapidamente transformado numa indústria, pois cada vez mais está dependendo menos da mão-de-obra e mais do gerenciamento computadorizado e de sistemas integrados de controle. O *agribusiness* moderno está, portanto, caminhando celeremente para a adoção da “agricultura inteligente” que busca imitar a inteligência humana. E esta compreende a sensibilidade, percepção, predição, planejamento, respostas proativas e *feedback*. Esse tipo de imitação dos processos industriais “inteligentes” depende da utilização da mecatrônica, complexos sistemas de automação e otimização em larga escala.

Esse inexorável caminho rumo à “agricultura inteligente” está traçado pois se mostra perfeitamente possível do ponto de vista científico, tendo como base tecnologias convergentes, como as já utilizadas pela agricultura de precisão, nanotecnologia, informática e microeletrônica. Permanece, entretanto, uma série de problemas que requerem ainda o desenvolvimento da capacidade da engenharia e da tecnologia para torná-las prática e econômica.

⁸BROWN-MARTIN, G. Peak oil - running on empty. *Energy Bulletin*, 9 Sept. 2004. Disponível em: <<http://www.energybulletin.net/2030.html>>. Acesso em: 18 mar. 2005.

⁹NANOTECHNOLOGY now. nanotubes and buckyballs. Disponível em: <<http://www.nanotech-now.com/nanotubes.buckyball.sites.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2005.

Dadas as características da produção em escala nano, a contribuição dos dispositivos baseados na nanotecnologia, especialmente os sensores moleculares, poderão facilitar a aplicação da agricultura de precisão, promover a redução de seus custos, que ainda são elevados, e apresentar produtos aplicáveis em processo de produção da agricultura moderna ou convencional.

Fica o alerta aos produtores sobre a importância que deve ter para o agronegócio estar sempre atento, conhecer e discutir as atuais e futuras possibilidades do advento da "agricultura inteligente", assim como os seus possíveis impactos sociais, econômicos, ambientais e até mesmo políticos. E isso porque as várias formas de nanotecnologia podem tornar obsoletos, em tempo muito antes do esperado, os mais conhecidos e prati-

cados processos de produção agrícola em nível macro, substituindo-os pelas nanotecnologias.

E no limite, o gradual predomínio da "agricultura inteligente" praticamente poderá levar, no espaço e no tempo, os agricultores a se transformarem em outro tipo de empresário e a sua produção agrícola em outro tipo de atividade econômica que estará muito mais próxima das características apresentadas pelas atuais atividades industriais. Daí a importância dos agricultores se manterem atentos e informados para que as políticas públicas que venham incorporar a tríade tecnológica na produção agrícola embutem em si a preocupação de preservar o papel e a atividade econômica daqueles que até então estavam sendo os responsáveis pela produção agrícola fundada nos paradigmas pré-nanotecnológicos.