

Tendências e perspectivas da Tecnologia da Informação aplicada à agricultura

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá
Kleber Xavier Sampaio de Souza
Maria Angélica de Andrade Leite
Maria Fernanda Moura
Antônio Mauro Saraiva

6.1 Introdução

Continuando o exercício de mirar o futuro, iniciado no capítulo anterior, este avança mais nas tendências da Tecnologia da Informação (TI) aplicada ao ambiente rural.

Sabe-se que há cinquenta anos a visão da TI era limitada: as previsões quanto ao uso de computadores ou do que viria a ser uma rede de computadores, eram incertas e obscuras. Duas décadas depois, foram criados os microcomputadores com o sistema operacional DOS e iniciou-se a massificação do uso dos computadores. Hoje, essas máquinas fazem parte da rotina doméstica e, cada vez mais, é comum a utilização da tecnologia de informação em áreas como agricultura, pecuária, meio ambiente, biologia, saúde e ciências em geral.

Atualmente, o estudo dos impactos trazidos pelas mudanças climáticas sobre os biomas brasileiros, a gestão dos recursos hídricos, a abordagem do conceito de sustentabilidade no uso da biodiversidade, o crescimento da economia nacional, a qualidade da infraestrutura logística e energética e de muitas outras áreas do conhecimento não conseguiriam avançar sem o apoio da computação.

Por ser uma área transversal, a TI tem o potencial de aplicação em todas essas questões. Em um relatório elaborado pelo governo norte-americano em 2005 - Computational Science: Ensuring America's Competitiveness, o Comitê Assessor de TI para o Presidente (UNITED STATES, 2005) apontou que a Ciência da Computação constitui o terceiro pilar da investigação científica, juntamente com a teoria e a experimentação, permitindo aos cientistas construir e simular modelos de fenômenos complexos – tais como mudanças climáticas, testes de estresse estrutural em aviônica e explosões estelares – que não poderiam ser replicados em laboratório.

Com o grande volume de dados gerados por essas simulações e experimentos científicos, um quarto paradigma, denominado *e-science*, está emergindo, e consiste de técnicas e tecnologias

para desenvolver uma ciência baseada em computação e em grande volume de dados (*data intensive science*) (BELL et al., 2009). Nesse contexto, surgem novos desafios tecnológicos que envolvem a realização de captura, análise, modelagem e visualização científica, visando auxiliar a tomada de decisão pelos cientistas, formuladores de políticas públicas e pela sociedade em geral.

Contemplando esses dois cenários, desafios para o agronegócio e desenvolvimento rural sustentado, e, por outro lado, os cenários específicos para a área de TI no mundo, pôde-se estabelecer o foco de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) para TI no setor agrícola para os próximos dez anos. Esse foco considerou ainda os dados coletados em vários painéis de especialistas em agroinformática¹ conduzidos no âmbito do projeto Estudo do Mercado Brasileiro de Software para o Agronegócio, que está permitindo conhecer os produtos de software existentes no mercado para as diversas áreas do agronegócio.

Este capítulo, olhando para o futuro, tem por objetivo discorrer sobre as perspectivas da TI aplicada à agricultura. Para tanto, está estruturado em sete seções, incluindo esta introdução. Na seção dois, são discutidos os serviços fundamentais que se baseiam na TI. A seção três aborda a questão da TI como infraestrutura global de informação. Em seguida, desenvolve-se o tema PD&I em TI, e, na sequência, debate-se o papel da TI na pesquisa agropecuária. Tendências da produção científica da TI aplicada à agricultura são apresentadas na próxima seção. Por fim, seguem algumas considerações finais.

6.2 Serviços fundamentais que se baseiam na TI

O uso da TI pelas organizações é uma realidade em todos os setores e ramos de atividades, tanto em nível operacional como estratégico. As organizações têm buscado formas de assimilar a constante inovação destas tecnologias e garantir o aproveitamento das contribuições oferecidas por elas. O surgimento da infraestrutura de informação e comunicação pública viabilizou novos modelos de negócio, com a eliminação, ou, pelo menos, a diminuição significativa, das restrições antes existentes nos ambientes empresarial e social. O entendimento desta evolução e suas tendências possibilitam a identificação das oportunidades e desafios que as empresas têm no novo ambiente empresarial dos negócios na Era Digital (ALBERTIN; ALBERTIN, 2006).

A TI, inicialmente aplicada à execução de procedimentos rotineiros, vê-se diante do crescente desafio de proporcionar aos tomadores de decisões a apresentação de informações confiáveis e atualizadas. Nesse contexto, tanto os aspectos técnicos como os organizacionais envolvidos no processo devem ser aprimorados. Por um lado, a crescente evolução tecnológica disponibiliza recursos para garantir a confiabilidade e a segurança necessárias; por outro, as organizações consideram seus processos, recursos humanos e a informação como recursos estratégicos (PACHECO; TAIT, 2000). Considera-se que o advento da TI, e a forma como é utilizada por governos, empresas, indivíduos e setores sociais, possibilitou o surgimento da sociedade da informação. A TI é uma grande força em áreas como finanças, planejamento de transportes, *design*, produção de bens, assim como na imprensa, nas atividades editoriais, no rádio e na televisão. A TI mudou significativamente a forma de se produzir e distribuir arte e cultura. A produção artística e cultural tem hoje na TI um poderoso aliado que facilita e agiliza o desenvolvimento das peças artísticas e culturais. Também se beneficia pelo aparecimento de novas formas e mí-

¹ O relato dos painéis de especialistas em agroinformática encontra-se no capítulo 1 desta obra.

dias de distribuição hoje disponíveis, das quais a Internet banda larga, a TV a cabo digital e em alta definição, os *tablet PCs* são exemplos de um mundo em constante e rápida transformação.

No Brasil, a oferta de serviços públicos baseados em tecnologia da informação vem aumentando. Várias iniciativas de aplicação da TI no agronegócio foram apresentadas no capítulo 2. Nesta seção serão apresentadas outras áreas de utilidade pública onde o uso da TI também tem proporcionado grandes avanços. Boas práticas disseminam-se pelo país, nas mais diversas áreas de atuação como saúde, educação, segurança pública, fazenda, entre outras e nas três esferas de governo federal, estadual e municipal. A tendência é de que a comunicação com a sociedade seja cada vez mais mediada por computador.

Há casos de sucesso de sua aplicação em governo eletrônico reconhecidos internacionalmente. O processo eleitoral está entre eles. A urna eletrônica foi utilizada pela primeira vez nas eleições municipais de 1996. Nas eleições municipais, realizadas em 2008, nas quais se escolheram prefeitos e vereadores, urnas eletrônicas estavam disponíveis para 100% do eleitorado. Os números envolvidos são impressionantes e dão a medida da complexidade da operação, em termos de tecnologia da informação: 5.563 cidades, 371.874 seções eleitorais, mais de 110 milhões de eleitores. A quase totalidade dos votos é apurada até a meia-noite do próprio dia da eleição. Já está em andamento o uso de biometria na identificação do eleitor, o que aumentará ainda mais a segurança do processo. Outro exemplo, que traz credibilidade ao país, é a declaração de Imposto de Renda de pessoa física e jurídica, realizada quase que exclusivamente pela internet (BRASSCOM, 2010).

Na área da educação está se tornando comum, nas escolas e em universidades, o uso da TI como recurso para melhoria do processo de ensino e aprendizagem. A incorporação de elementos de TI incrementa a produção de documentos digitais, isto é, documentos com recursos de natureza multimídia bem como melhora a acessibilidade a esses documentos. Isto vale para todos os indivíduos e também para aqueles que possuem alguma deficiência.

O conhecimento codificado em documentos e outros textos possui, em geral, diferentes representações e as pessoas, similarmente, têm diferentes capacidades de assimilarem novos conteúdos. Deve-se observar que o entendimento de um novo conceito e aquisição de novo conhecimento depende da maneira como ele é apresentado às pessoas. Utilizar recursos multimídia em documentos digitais, por exemplo, torna mais fácil o ensino e aprendizado de conceitos abstratos já que apresenta o novo conceito sob diferentes perspectivas. Um exemplo evidente é o uso da simulação como recurso para facilitar o aprendizado de novos conceitos. O uso da TI na educação auxilia a compreensão de, por exemplo, conceitos abstratos visto que os estudantes podem alterar variáveis e verificar as mudanças resultantes no ambiente de simulação (SILVA FILHO, 2007).

A TI possibilitou também o avanço da educação à distância. Com a criação de ambientes virtuais de aprendizagem, os alunos têm a possibilidade de se relacionar, trocando informações e experiências em tempo real. Os professores ou tutores têm a possibilidade de realizar trabalhos em grupos, debates, fóruns, dentre outras formas de tornar a aprendizagem mais significativa. A democratização da informação, aliada à inclusão digital, pode se tornar um marco dessa civilização (PACIEVITCH, 2009).

Outra área em que o uso da TI tem revolucionado os processos de trabalho é a da saúde. Na área de atendimento médico a telemedicina - ou telessaúde - utiliza recursos de TI para prover cuidados médicos à distância e compartilhamento de informações. O uso da telemedicina pode reduzir os custos de saúde e melhorar a qualidade do atendimento médico aumentando o relacionamento entre o paciente e o profissional da saúde e reduzindo os erros médicos. Serviços de telemedicina incluem consultas a pacientes, monitoramento remoto de pacientes, educação, videoconferência e troca de informações entre profissionais da área de saúde. A telemedicina

possibilita que os pacientes tenham maior controle sobre os cuidados consigo mesmos através do serviço de diagnose doméstica e monitoramento de sinais vitais como testes de glicose para pacientes com diabete. Esse tipo de serviço permite que o paciente monitore seu estado de saúde e pode levar a medidas preventivas mais eficazes que podem reduzir o custo de tratamentos de emergência. A telemedicina possibilita a melhora do atendimento médico especializado em países em desenvolvimento e em regiões rurais ou remotas, nas quais a qualidade do atendimento é deficiente (HOANG; CAUDILL, 2010).

No Brasil, a telemedicina é utilizada para solucionar um dos grandes desafios da Atenção Básica na Saúde que são a qualificação e atualização dos profissionais clínicos, sua fixação em regiões remotas e de difícil acesso e a baixa eficiência do atendimento, o que tem resultado em um elevado número de encaminhamentos de pacientes a outros centros para atendimento especializado. A telessaúde por meio da teleassistência e teleducação, conectando as Universidades às mais remotas Unidades de Saúde, permite suprir essas deficiências interligando os profissionais dos grandes centros especializados àqueles dos pequenos municípios através da Internet melhorando assim a qualidade do atendimento e reduzindo custos (ALKMIM et al., 2008).

Além da educação e da saúde, outra área que evoluiu enormemente com o uso da TI foi o sistema financeiro e bancário. Uma das utilizações mais antigas de automação bancária no Brasil foi a implantação de sistemas de controle em 1956. Inicialmente, os computadores foram utilizados para processar e controlar os cheques emitidos pelos clientes. Nos anos 70, surgiram as primeiras máquinas de caixa eletrônico ou Automated Teller Machine (ATM) nos Estados Unidos, com o objetivo de oferecer produtos e serviços, atrair consumidores e reduzir custos. Essa novidade tecnológica chegou ao Brasil somente em 1983. Rapidamente, os caixas eletrônicos passaram a ser utilizados como um dos principais instrumentos de competição entre os bancos. A tecnologia dos caixas eletrônicos proporcionou produtos e serviços para os clientes 24 horas por dia, nos sete dias da semana, em qualquer ponto geográfico (MAÇADA; BECKER, 2001).

O Brasil tem também um sólido e dinâmico mercado de meios de pagamento, suportado por empresas inovadoras em TI. Pagamentos eletrônicos são realizados no país há mais de 50 anos. O Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB) está entre os mais sofisticados, eficientes e confiáveis do mundo. O Brasil figura entre os poucos países em que transferências de fundos interbancários podem ser liquidadas eletronicamente em tempo real. O país provê soluções tecnológicas que são modelos em automação bancária, *internet banking*, operações pelo celular e caixa eletrônico.

O projeto de grande abrangência mais recente envolvendo operações bancárias foi lançado em outubro de 2009. Trata-se do Débito Direto Autorizado (DDA), sistema que possibilitará o pagamento eletrônico de todos os compromissos financeiros por meio dos bancos que atendem pessoas físicas e jurídicas. Para se ter uma ideia do impacto da mudança, cobranças relativas às mensalidades de escola, compras, financiamentos de casas e veículos, entre outras, geram em torno de 2 bilhões de boletos impressos por ano. Além da economia de papel e tarifa de correios, o DDA oferecerá benefícios em termos de agilidade e segurança (BRASSCOM, 2010).

O segmento de manufatura responde pelo maior volume de investimentos em TI no Brasil, por causa da competitividade que enfrenta. Empresas notadamente dos setores químico, de metais primários e farmacêutico usam intensamente Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (ERP, na sigla em inglês), Inteligência de Negócios (BI), Gestão da Cadeia de Fornecedores (SCM) e Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Não raro, novos produtos ou introdução de inovações no processo produtivo exigem o desenvolvimento de soluções tecnológicas em poucas semanas, desafiando a agilidade das equipes.

O setor varejista brasileiro, no qual operam empresas de grande porte, impõe aos profissionais e às empresas de TI grandes desafios. Gigantes como Pão de Açúcar e B2W (que reúne Ame-

ricanas e Submarino) investem maciçamente em tecnologia para expandir seus negócios, com destaque para soluções de Gestão de Relacionamento com o Cliente (CRM), comércio eletrônico e, mais recentemente, Identificação por Radiofrequência (RFID), sistema que envolve a movimentação de mercadorias com etiquetas inteligentes desde os paletes da indústria até a chegada ao supermercado (BRASSCOM, 2010).

Com relação ao setor de transporte, este sempre foi um aspecto crucial na civilização humana. Uma vez que a demanda por mobilidade só tende a aumentar, é previsível um aumento dos problemas relacionados aos congestionamentos. Esses problemas podem ser amenizados pela construção de novas vias. No entanto, esta vertente tem consequências tanto econômicas quanto ambientais. Desta forma, uma alternativa à extensão da malha viária é a otimização do fluxo de tráfego na malha existente. Esta última é não apenas economicamente mais viável, como também a alternativa preferida por sociedades nas quais o fator meio ambiente é uma questão chave.

No entanto, essas medidas têm um impacto na rotina de muitos usuários e cidadãos, uma vez que impõem restrições à liberdade de movimento. Com o intuito de tornar essas medidas mais bem aceitas, é necessário compensar os cidadãos, fornecendo informações no sentido de ajudá-los a planejar melhor suas necessidades de deslocamento. Isso pode ser alcançado com o emprego de diversas tecnologias de TI denominadas Sistemas Inteligentes de Transporte ou Intelligent Transportation Systems (ITS). ITS está entre os investimentos com melhor relação custo-benefício em transportes. Tais investimentos podem envolver desde sistemas avançados de informação ao motorista – difusão de informação via rádio, telefone e internet, painéis de mensagens, quiosques de informação, dispositivos instalados nos veículos e assistentes pessoais – passando pelo emprego de técnicas das áreas de otimização e de telecomunicações, até novas tecnologias visando direção autônoma e rodovias informatizadas.

ITS envolve a aplicação de modernas tecnologias ligadas à área de tecnologia da informação. Tais tecnologias envolvem automação de auto-estradas, sistemas automáticos de coleta de pedágio, Sistema de Posicionamento Global (GPS), sistemas embarcados, sistemas de informação ao usuário e dispositivos inteligentes de controle (tanto no nível de infraestrutura quanto no do veículo).

No que se refere à automatização de veículos, estes deverão ser fabricados com sistemas embarcados que permitam sensoriamento, comunicação e atuação. Já é realidade no mercado automobilístico que veículos sejam produzidos com controle eletrônico de direção, frenagem e estacionamento, além do chamado Adaptive Cruise Control (ACC) e direção automática. Entretanto, diversos aspectos em nível de automação no veículo estão em aberto como, por exemplo, interfaces para o motorista, ou seja, como o motorista irá interagir com um veículo automatizado. Os aspectos de automatização constituem uma área de pesquisa, mas, nos próximos anos, alguns resultados deverão ficar disponíveis para o público esperando-se melhorar a qualidade do transporte urbano atual (BAZZAN; KLÜGL, 2007).

Considerando o transporte aéreo, a TI é empregada em tarefas de estudo e análise de planos de voo e visualização dos radares para saber o posicionamento dos aviões no ar. A mais nova tecnologia da área de transporte aéreo é um novo tipo de monitoramento de aeronaves denominado Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) que permite saber, via satélite, a posição exata dos aviões, mesmo em áreas onde não há radares terrestres. O ADS-B permite que o globo terrestre seja totalmente mapeado por uma constelação de satélites. As aeronaves serão não apenas monitoradas *on-line*, como também haverá troca de dados constante entre o avião e os controladores. A tecnologia utiliza sistemas de posicionamento global, o GPS, para fornecer informações seguras sobre a posição da aeronave. Com isso as informações são recolhidas sem a necessidade de instalação de radares no solo ou transmissões da torre de controle (INFORMANÍACOS, 2010; UNITED STATES, 2010).

Na área de energia o setor de TI vem investindo no desenvolvimento de sistemas e equipamentos destinados ao gerenciamento das redes digitais. Uma das iniciativas são as redes elétricas inteligentes, ou *smart grids*, no sentido de tornar a infraestrutura de energia elétrica uma rede segura, digitalizada, rápida em resposta a colapsos do sistema elétrico e que irá permitir o atendimento à crescente demanda de energia elétrica da população. Equipes de manutenção das distribuidoras não dependerão mais do chamado do cliente para saber onde uma falha na rede aconteceu exatamente, uma vez que sistemas modernos de gestão de ativos emitem alertas de falhas estruturais com a localização exata e o tipo de equipamento danificado. Sistemas de georreferenciamento, Sistemas de Informação Geográfica (SIG ou GIS) permitem fazer levantamentos precisos de onde está localizado cada ativo da rede, podendo monitorá-los e antecipar trocas de equipamentos danificados, reduzindo custos operacionais e garantindo a confiabilidade da rede. A rede elétrica inteligente automaticamente irá se auto-organizar para atender a repentinos crescimentos da demanda, bem como curtos-circuitos e blecautes na rede elétrica. E o mais importante, ela irá tratar de forma inteligente as fontes de energia, permitindo que os consumidores tenham em sua planta geração renovável como eólica e solar, ou até mesmo carros elétricos que ajudarão no controle da eficiência energética da rede. No entanto, são necessários ajustes no setor elétrico brasileiro para viabilizar a emancipação da rede inteligente, tanto em regulamentação como nos hábitos de gestão que norteiam as distribuidoras para que a rede elétrica inteligente abarque definitivamente no país (OLIVEIRA, 2010).

Apesar das inúmeras contribuições do uso da TI nas diversas áreas que atingem a população mundial, o seu uso de forma não racional tem preocupado as autoridades. A TI, enquanto indústria, também é responsável por impactos no meio ambiente. Atualmente, fala-se da TI Verde na qual a grande preocupação é a continuidade da oferta dos serviços de TI respeitando o meio ambiente. Muitos provedores de processamento de dados e de hospedagem de serviços web, também conhecidos por provedores de serviços de computação em nuvem, permitem que seus clientes utilizem a internet para acessar serviços de software ou de compartilhamento de hardware. Para prover esse tipo de serviços estas indústrias necessitam de um poderoso parque computacional. Um dos maiores impactos desse tipo de indústria está no consumo de energia e na dissipação de calor. O impacto da TI no clima terrestre e nos seus recursos em escassez é outra preocupação. Estudos recentes indicam que as emissões de dióxido de carbono dos centros de dados ultrapassam as emissões de muitas nações individualmente. Adicionalmente, muitos equipamentos de TI contêm substâncias químicas tóxicas como mercúrio e chumbo, muitos dos quais são lançados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de equipamentos de TI obsoletos.

Pelo cenário descrito é necessário um esforço conjunto incluindo áreas multidisciplinares da indústria, pesquisa e sociedade. Neste processo, algumas iniciativas incluem: melhoria da eficiência da infraestrutura de TI utilizando recursos e equipamentos de baixo consumo; alocação eficiente de recursos de TI para execução das tarefas utilizando técnicas como virtualização e computação autônoma; desenvolvimento de novas tecnologias, materiais e equipamentos de baixa tensão; uso de tecnologias avançadas de resfriamento para dissipação do calor juntamente com equipamento para geração de energia; estabelecimento de programas de reciclagem na base do reduzir-reciclar-reusar e disseminação de informação sobre a importância dos temas ligados à TI verde (YOUSIF, 2009).

O avanço proporcionado pela TI nas diversas áreas de conhecimento é inegável e com o passar dos anos a sociedade estará mais dependente destas tecnologias. Portanto, urge atingir o máximo desenvolvimento minimizando o impacto ambiental. Esse é o caminho para que os avanços tecnológicos venham realmente contribuir para a construção de uma sociedade avançada respeitando o planeta em que vivemos.

6.3 A TI na infraestrutura global de informação

O mundo está cada vez mais dependente da tecnologia da informação e de comunicação (TIC). As TICs têm influenciado diretamente todos os setores e os serviços no mundo moderno desde as transações mais rotineiras às mais sofisticadas independente de localização geográfica, diferenças culturais e de gerações. Muitos pesquisadores, professores, políticos, tecnólogos e executivos argumentam que as mudanças produzidas por essas novas tecnologias são revolucionárias e resultarão em profundas transformações na sociedade.

A premissa de uma infraestrutura global de informação é a de que governos, instituições públicas e privadas, comunidades e indivíduos possam cooperar para conectar as telecomunicações e rede de computadores de modo a transmitir sinais analógicos e digitais no apoio a qualquer aplicação e na prestação de serviços, conforme afirma Borgman (2001), por meio de uma gama de serviços e informações propiciando a realização de negócios via comunicação eletrônica.

Cada vez mais as atividades humanas no trabalho, na escola, no comércio e na comunicação serão realizadas via tecnologias da informação. O acesso *on-line* a recursos de informação permitirá uma profundidade e uma amplitude nunca possíveis anteriormente.

Como descrito em Borgman (2001), mudanças fundamentais nas relações entre essas instituições estão previstas, com autores menos dependentes de editores, pesquisadores dependendo menos de bibliotecas, e universidades que dependem menos dos tradicionais modelos de publicação para avaliar a erudição. A rede de comunicação será o lubrificante necessário para mover o comércio, melhorar a educação, aumentar o volume de comunicações interpessoais, fornecer acesso nunca tido antes aos recursos de informação e à especialização, e levar à maior equidade econômica.

A internet, por ser uma rede mundial de computadores, promove a convergência entre os setores de telecomunicações e o de equipamentos de informática, podendo ser classificada como precursora de uma futura infraestrutura global de informações Global Information Infrastructure (GII). Por mais de uma década, a internet vem experimentando taxas anuais de crescimento superiores a 100%, tornando-se uma das maiores transformações sociais, culturais e tecnológicas jamais vistas.

Serviços globais de informação na Internet já fazem fazer parte do dia a dia das pessoas, empresas e governos. Não são apenas os serviços de buscas na web, mas também os serviços de e-mail, localização geográfica em mapas e armazenagem de documentos essenciais para as pessoas e empresas. Todas essas tarefas podem ser desempenhadas via um computador conectado à internet para dar subsídio a infraestruturas de diversos tipos que estão subordinadas a políticas públicas, em lugar de depender de máquinas isoladas para produção de textos, telefones, fax, caixas postais para comunicação ou tecnologias de impressão para busca de fontes de informação.

Dentre elas pode-se destacar as infraestruturas de telecomunicações, energia, atividade bancária, finanças, transporte, sistemas de água e serviços de emergência, tanto governamentais quanto privados. No passado, essas infraestruturas eram física e funcionalmente distintas. Com os progressos da tecnologia da informação esses sistemas estão cada vez mais integrados. Por outro lado, os sistemas têm se tornado mais críticos e cada vez mais susceptíveis às falhas do equipamento, ao erro humano, ao tempo (meteorológico) e a outras causas naturais, como ataques físicos ou às próprias falhas da informática.

O Presidential Decision Directive 63, United States (1998), já definia “infraestruturas críticas” como aqueles sistemas físicos, baseados na cibernética, essenciais às operações mínimas da economia e do governo. O PDD 63 tem o objetivo de proteger a infraestrutura crítica contra

ataque intencional, e de minimizar as interrupções de serviço devidas a qualquer outra forma de falha.

O Brasil tem seu Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) que, além de gerir a rede, é uma das iniciativas para medir e acompanhar a expansão das TICs no país. Por meio do seu Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação (CETIC.br), o CGI.br conduz pesquisas especializadas e produz informações e indicadores sobre as TICs no Brasil desde 2005. As pesquisas realizadas atendem a fases fundamentais no processo de elaboração de políticas públicas no Brasil, à identificação e ao acompanhamento dos problemas da realidade das TICs no Brasil, bem como à avaliação da eficiência dos programas governamentais voltados às TICs.

Recentemente, o CGI.br apresentou a quinta edição da Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no Brasil – TIC Domicílios e TIC Empresas (COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL, 2010), cujo objetivo é relatar os desdobramentos contextuais do acesso às TICs, bem como sua posse e seu uso pelos cidadãos e pelas empresas brasileiras. Após cinco anos de pesquisa, essa edição traz o diferencial de apresentar um cenário mais completo e histórico sobre o comportamento das TICs no Brasil, que inclui pelo segundo ano consecutivo a área rural, refletindo mudanças expressivas na posse e no uso das TICs em nosso país.

Essa quinta edição da pesquisa traz análises e estudos específicos, contemplando três focos de estudo principais: domicílios, cidadãos e empresas. Em 2009, a pesquisa TIC Domicílios teve uma importante novidade, um estudo adicional específico sobre a posse e uso das TICs por crianças de 5 a 10 anos de idade, a fim de conhecer melhor o papel dessa nova geração, em plena era digital.

No âmbito dos cidadãos, os resultados da Pesquisa TIC Domicílios 2009 revelam o maior percentual de crescimento da posse e do uso de computador e internet desde o primeiro ano da pesquisa. A proporção de usuários de internet chegou à marca de 39% em relação ao total da população; além disso, a análise dos resultados contida nesta publicação apresenta o uso a partir da distribuição por variáveis sociodemográficas. Com esses dados, a pesquisa apontou que a desigualdade social e econômica persiste como fator limitante no acesso às TICs. Outro aspecto interessante notado foi a incorporação de seu uso ao cotidiano do cidadão, o qual expandiu significativamente as atividades realizadas na rede mundial de computadores, embora esta ainda aconteça de maneira díspar em meio às diferenças de renda, classe social e região geográfica.

Já nas empresas brasileiras, ao abordar questões e aspectos do mundo empresarial em meio às tecnologias, a Pesquisa TIC Empresas 2009 revelou um comportamento ascendente de posse e uso das tecnologias no ambiente organizacional das empresas brasileiras.

Outro ponto revelado na Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no Brasil é que está havendo não apenas o crescimento da população com acesso a computadores e à internet, mas também o crescimento nas habilidades. Como exemplos, observa-se que, entre 2005 e 2009, o percentual de pessoas que declaram ser capazes de utilizarem uma planilha eletrônica aumentou constantemente, de 18% para 28%, enquanto o percentual de pessoas capazes de usarem um mecanismo de busca na internet também mostrou crescimento constante, passando de 27% para 45%.

No entanto, é extremamente importante observar que, em 2009, 34% das pessoas declararam a obtenção de habilidades no uso de computadores e da internet por conta própria. Somando-se a esse dado outros 22% de pessoas que adquiriram habilidades com amigos, parentes e colegas, chega-se a um percentual total de 56% de pessoas que obtiveram habilidades de maneira informal. Em contrapartida, o percentual de pessoas que adquiriram habilidades através de cursos

de treinamento, gratuitos ou pagos, alcança 25%, enquanto apenas 8% das pessoas declararam ter obtido habilidades através de instituições formais de ensino.

Outro ponto em questão é o Plano Nacional de Banda Larga (PNBL). O Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE) oferece conexão gratuita à internet a 91,6% das escolas públicas urbanas do Brasil. Até o final de 2010, 57.586 instituições de ensino contavam com a conexão em banda larga, de acordo com o último balanço divulgado pela Agência Nacional de Telecomunicação (Anatel). Embora o Brasil disponha de uma infraestrutura de telecomunicações constituída por múltiplas plataformas, elas ainda são insuficientes para garantir a cobertura e a capilaridade essenciais para a massificação desejada.

Conforme descrito em Borgman (2001), um dos componentes-chave na definição de uma infraestrutura de informação como estrutura técnica requer dela que possua uma arquitetura aberta capaz de tornar todas as partes (envolvidas) aptas a se conectarem eletronicamente e a intercambiar dados. O conceito de “Rede Aberta de Dados” deriva da internet (uma arquitetura aberta bem-sucedida de computação) e dos princípios de política de telecomunicações estabelecidos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1994). De acordo com os princípios do G-7, redes fechadas podem interconectar-se com a rede aberta; redes fechadas de serviços, como a televisão a cabo, são igualmente adotadas por outros regulamentos de telecomunicações. À medida que caminhamos em direção a uma computação ubíqua, um número mais avultado de equipamentos deve se interligar; isso torna os sistemas abertos e a interoperabilidade elementos essenciais.

A rede global emergente, que interliga uma grande variedade de equipamentos de computação localizada ao redor do mundo, oferece grande utilidade para a comunicação entre os indivíduos e as organizações, seja para fins de educação, de trabalho, de lazer ou comerciais. É de se esperar, agora, que a estrutura técnica de tal infraestrutura de informação sirva de apoio a uma série de tarefas e atividades, muito mais amplas, entretanto, do que aquelas para as quais fora originalmente planejada.

Aperfeiçoamentos substanciais estão sendo introduzidos na arquitetura técnica da internet para servir de suporte a um volume muitíssimo maior e uma variedade de usuários, de potencialidades e de serviços-meio do que fora previsto no projeto original. Dois novos serviços de rede ilustram a extensão dos melhoramentos que estão em andamento. Um deles é “qualidade do serviço”: a capacidade de reservar, com antecedência, determinada quantidade de largura de banda em um nível predeterminado de qualidade. Transmissão múltipla é outro aperfeiçoamento dos serviços para a estrutura técnica de uma infraestrutura global de informação longamente esperado.

A internet já é uma “rede de redes”; uma infraestrutura global de informação aproximar-se-á cada vez mais disso. Embora falemos metaforicamente de uma única rede aberta, na verdade a internet interliga muitas camadas de redes dentro das organizações, dentro de áreas geográficas locais, países e regiões geográficas maiores. Elas são conhecidas por diversos nomes, como intranets, extranets, redes locais (LANs), redes de área metropolitana (MANs) e, mesmo, redes de áreas minúsculas (TANs). Basta dizer que a topologia da infraestrutura está se tornando cada vez mais complexa, interligando redes internas da organização, redes fechadas, como a televisão a cabo e a internet internacional.

Na pesquisa científica, a tendência também é de uma infraestrutura global de informação baseada em uma rede aberta em que os cientistas trabalhem com nós conectados que transmitam dados, testam teorias, acessam simulações de outros cientistas e disponibilizem conhecimento. A Internet é um exemplo de eficiência de trabalho em rede aberta, uma rede pública que cresce sem uma autoridade central e viabiliza inovações e descoberta de novos mercados. Um outro exemplo é a rede aberta de software livre construída em um modelo distribuído com a integração de várias contribuições sob padronizações técnicas e legais.

Uma infraestrutura que integre ferramentas, serviços e recursos pode fazer parte de um ambiente virtual de pesquisa que pode ser chamado *e-science*. Dentre os recursos que podem fazer parte desse ambiente, pode-se destacar: sites de informações gerais, blogs, wikis, buscas em banco de dados heterogêneos, serviços de computação de alto desempenho, ambientes virtuais geoespaciais, canais de comunicação, fóruns de discussão, ferramentas de *workflow* e recursos para dispositivos móveis.

Os benefícios de um *e-science* só podem ser avaliados se for considerada a complexidade do desenvolvimento técnico e da mudança de cultura, uma e-infraestrutura básica e um suporte institucional com suas estratégias e políticas.

6.4 Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I em Tecnologia da Informação

A tecnologia da informação tornou-se a base da sociedade moderna. Não é mais possível viver sem a internet, bem como sem sistemas de apoio à decisão rápidos e eficientes. Quaisquer problemas de rede web hoje são sentidos imediatamente e têm consequências instantâneas nos mercados financeiros, bancos, hospitais e universidades entre outros.

Os avanços em tecnologia de informação têm um caráter estratégico e político para o Brasil e para o mundo. Em um relatório elaborado pela National Science Foundation dos Estados Unidos da América, *Converging Technologies for Improving Human Performance Nanotechnology, Biotechnology, Information technology and Cognitive Science* (ROCO; BAINBRIDGE, 2002), os mais de 100 cientistas que colaboraram em sua criação apontaram a sinergia entre nanotecnologia, a tecnologia da informação, a biotecnologia e a ciência cognitiva como o maior potencial de futuro para a humanidade nos próximos 20 anos. Como apontado nesse relatório: “Se os cientistas cognitivos podem pensar algo, os de nanotecnologia podem construir, os de biotecnologia podem implementar e os de TI podem monitorar e controlar”.

Em um exemplo mais direto apontado pelo relatório NBIC (2002), a agricultura poderia aumentar grandemente sua produtividade e reduzir o desperdício com o uso de redes de sensores baratos que monitorariam constantemente as condições e necessidades das plantas, animais e insumos de uma fazenda. O relatório vai além, apontando que os desenvolvimentos recentes em abordagens sistêmicas, matemática e computação permitirão, pela primeira vez, entender o mundo natural, a sociedade humana e a pesquisa científica como sistemas complexos, hierárquicos e fortemente acoplados. Estão previstos impactos na eficiência do trabalho e aprendizado, melhoria da capacidade cognitiva e sensorial individual, mudanças drásticas na medicina, melhora na criatividade individual e coletiva, formas de comunicação altamente eficientes incluindo comunicação cérebro-cérebro e interface homem-máquina, entre outros.

Em artigos apresentados em fevereiro de 2008 na edição Especial Robótica da *Scientific American* Brasil, especialistas afirmam que por volta de 2025 existirão computadores custando US\$ 1 mil com poder de processamento de 100 milhões de MIPS (milhões de instruções por segundo), o equivalente a um cérebro humano, capazes de imitar o raciocínio humano para diversas aplicações práticas. Os mais otimistas afirmam que, em 2055, o computador pessoal terá o poder de processamento de todos os cérebros humanos juntos.

Também na Europa e Japão há um crescente interesse na utilização da computação em modelagem e simulação. Dentro do Programa Quadro 7 (UNIÃO EUROPEIA, 2006), financiado pela Comunidade Europeia, no âmbito do tema Tecnologias da Informação e Comunicação,

existem projetos destinados ao progresso conjunto das TICs e ciências biológicas e de estudo do funcionamento do cérebro. No projeto Sistemas Computacionais Auto-Construídos (Self-constructed Computing Systems - SECO Project), a partir de partes mais simples, cujo comportamento se pode determinar, busca-se explicar o surgimento de funções mais complexas, por exemplo, como a mente surge a partir de alguns poucos tipos de neurônios inibidores e excitadores interconectados existentes no neocórtex. A última fronteira - construção de um robô humanóide pensante - está ainda distante. Entretanto, importantes passos já foram dados: os robôs humanóides japoneses já apresentam um alto grau de avanço, mas ainda não apresentam consciência.

O Programa Quadro 7 (UNIÃO EUROPEIA, 2006) estabeleceu também como desafio a construção de bibliotecas digitais e construção de sistemas gestores de conhecimento que incorporem algum grau de inteligência e tratamento semântico. A Web Semântica tem sido usada com sucesso nas áreas médicas e farmacêuticas: a indústria Eli Lilly tem usado-a para organizar dados heterogêneos de diferentes fontes, tais como registros de pacientes, estruturas químicas, sequências de DNA, imagens, processos biológicos e artigos científicos, com o objetivo de priorizar alvos biológicos para descoberta de novas drogas.

O documento Visões para o Futuro da Nanotecnologia (SCHMIDT, 2007), organizado pela National Science Foundation e National Institute of Health dos Estados Unidos, apontou o papel crucial da TI tanto na organização da informação de uma biblioteca sobre o mundo nanométrico (*Nano Library*), quanto no tratamento da informação gerada por nanossensores. A manipulação da matéria no nível de átomos e moléculas, realizada em escala nanométrica, está beneficiando a chamada biologia sintética: o projeto e construção de novas partes, dispositivos e sistemas que não existem no mundo natural, bem como o re-projeto dos sistemas biológicos existentes para executar tarefas específicas.

Em um artigo elaborado pelo ETC Group para o governo canadense (EXTREME..., 2009), comenta-se que não existe barreira técnica à síntese de plantas e animais e que isto ocorrerá logo que alguém se disponha a financiar. Neste mesmo artigo, um pesquisador do Massachusetts Institute of Technology (MIT) prevê que os engenheiros biológicos do futuro começarão o trabalho em seus *laptops*, não nos laboratórios.

Novas empresas baseadas em Boston e no Vale do Silício já são capazes de construir DNA sob medida, inseri-lo em uma bactéria e enviá-lo de volta para o cliente como cultura de células. O mais impressionante é que uma sequência de quatro a seis genes pode ser inserida nesses organismos sintéticos programando-o a realizar uma tarefa específica, como auxiliar na produção de etanol, por exemplo. Naturalmente que a ação dessas empresas e grupos de pesquisa estão suscitando inúmeras preocupações do ponto de vista ético, moral e até mesmo dentro da própria comunidade científica em áreas biologicamente afins. A biologia sintética facilitará a construção de bioarmas, patógenos virulentos e organismos artificiais com potencial de causar graves danos ao planeta e a outros organismos vivos, além dos humanos. O relatório do ETC Group cita que o “perigo não está apenas no bioterror, mas no bioerro”, ou seja, os erros provenientes de mal funcionamento ou interação imprevista.

Outro aspecto importante na biologia sintética é que como ela é formada pela convergência entre a biotecnologia, a engenharia e a computação, os depósitos de patentes e outras formas de proteção intelectual podem envolver não apenas os organismos sintéticos e os processos de produção biológicos, como também computadores e software usados no processo.

Para reduzir o excesso com a proteção intelectual em assuntos que envolvem organismos vivos, algumas organizações chegaram a adotar o modelo de software livre, a exemplo do repositório criado pelo MIT para compartilhamento, uso e melhoria de módulos intercambiáveis (BioBricks) que podem ser reutilizados para criar sistemas biológicos em células vivas. Para

tal, construíram um ambiente baseado na ferramenta *Wiki* chamado Registro de Partes Biológicas Padrão 1.0. Este ambiente foi projetado para que todos pudessem depositar as partes biológicas que identificassem e compartilhar a experiência em sua utilização.

No outro extremo, a Universidade Stanford patenteou “um sistema e método para simular as operações de redes bioquímicas que incluem uma memória de computador para armazenar um conjunto de objetos, cada um deles representando um mecanismo bioquímico na rede bioquímica a ser simulada”. Patentes dessa natureza estabelecem barreiras monopolistas à biologia sintética, pois esta requer computação massiva na síntese e projeto de redes de DNA. Outra patente protege “Elementos computacionais, portas e flip-flops”, quando construídos a partir de ligantes e ácidos nucleicos presentes no DNA. Trata-se de proteção concedida sobre os elementos básicos do hardware de qualquer computador que venha a ser construído a partir do DNA e, portanto, altamente restritiva.

Outro aspecto vinculado aos organismos sintéticos diz respeito à conservação: quando em 2005 biólogos sintéticos anunciaram que haviam ressuscitado e reconstruído uma versão funcional do vírus da gripe de 1918, eles anteciparam o início da era da biodiversidade eletrônica (armazenamento eletrônico de DNA). O modelo adotado atualmente pela Embrapa e por todos os membros da Federação Mundial de Coleções de Cultura é o armazenamento de amostras de vírus, bactérias, fungos, plantas e animais em bancos de material genético. Este material é livremente transportado de um banco para outro segundo um processo controlado de intercâmbio. Para o caso dos organismos mais simples, o que os entusiastas da biologia sintética comentam é que, tendo-se recursos financeiros suficientes, todas as 1,3 milhão de amostras de bactérias, vírus, fungos e outros micróbios poderiam ser sequenciados e armazenados digitalmente. Juntando-se esta informação aos Bancos de Dados de Nucleotídeos, que inclui a Biblioteca Digital do Laboratório de Biologia Molecular Europeu (EMBL), o banco de dados de DNA do Japão e o GenBank dos Estados Unidos, ter-se-ia uma grande biblioteca digital de dados brutos da qual os biólogos sintéticos poderiam se valer para construir novas formas de vida. A Google já anunciou seu desejo de armazenar todos os dados de genoma sequenciados no planeta, com a idéia de tornar o uso dos bancos de DNA tão simples quanto seu motor de busca textual.

Além das áreas estratégicas nas quais a computação é aplicada em sinergia, a própria Ciência da Computação pode sofrer profundas modificações nos próximos 15 anos. Computação paralela e em *grid*, computadores baseados em DNA e a Computação Quântica estão avançando rapidamente. Embora a computação paralela não seja assunto novo, a maioria dos programadores não mudou sua forma de programar, que explora uma única linha de execução (*thread*) na qual o programa inicia, chama diversos métodos/funções em sequência e termina. Entretanto, os processadores com quatro ou oito núcleos existentes no mercado poderiam ser mais bem explorados por meio da computação paralela, sem falar das inúmeras plataformas de *clusters* e *grids* prontas para uso. A principal barreira ao uso pleno desses recursos é que a construção de programas paralelos é mais difícil sem um suporte de ferramentas e treinamento adequados. Até mesmo em linguagens de programação que desde a sua concepção já incorporam suporte nativo para a computação paralela, como é o caso dos *threads* em Java, a maioria dos programas construídos na linguagem não os usam.

Em artigo publicado na Communications of the ACM (HALL et al., 2009), os autores reforçaram a necessidade de investimento pesado por parte das agências de fomento americanas em pesquisa, desenvolvimento e educação na área de compiladores paralelos.

A computação paralela também está na raiz dos computadores DNA. Além dos organismos artificiais criados a partir da manipulação do DNA, o próprio DNA também pode ser visto como um computador, pois armazena e processa informação codificada. Em lugar da base dois, que utiliza símbolos binários (0,1), usada em nossos computadores, o DNA opera em base quatro com cada base nitrogenada (adenina, guanina, citosina, timina) correspondendo a uma

unidade de informação. Além disso, como vários filamentos de DNA podem estar ativos ao mesmo tempo, em sua essência, um computador DNA é um computador paralelo.

Ainda em estágio de prova de conceito, o relatório do ETC Group aponta que os computadores DNA já foram demonstrados com sucesso em um laboratório na universidade Southern California em 1994, na resolução de um problema computacional complexo. Entretanto, uma possibilidade concreta é o seu uso como sensores/atuadores; uma pesquisa financiada pela Nasa objetiva a produção de computadores DNA para monitorar a saúde dos astronautas e, em outra, cientistas israelenses desenvolveram computador DNA capaz de reconhecer atividade anormal em quatro genes alvos associados a câncer de pulmão e próstata. O dispositivo ainda foi capaz de liberar droga supressora dos genes responsáveis pela atividade anormal.

A Computação Quântica vai ainda mais além em termos de paralelismo: enquanto em um computador clássico cada bit assume valor 0 ou 1, no computador quântico, um único qubit, ou bit quântico, pode assumir 0, 1 ou qualquer superposição destes valores simultaneamente. Por exemplo, em um computador clássico um *byte* (8 bits) pode assumir um dos valores entre 0 e 255, enquanto que em um quântico, o byte pode operar todos os 256 valores ao mesmo tempo. O potencial da computação quântica aplica-se a problemas que possuam n respostas possíveis, com igual tempo de teste para cada resposta, e cuja única forma de resolução seja a geração e teste das respostas repetidamente. Encontram-se nesta classe de problemas os algoritmos de fatoração usados em criptografia, o teste de hipóteses da lógica proposicional, os algoritmos de busca, as simulações em modelos complexos, tais como explosões nucleares e descoberta de petróleo, e a modelagem de interações biomoleculares em organismos multicelulares, entre outros.

Para contemplar esses desafios em escalas antes inimagináveis, um conjunto de ferramentas e tecnologias se tornam necessárias. A síntese da tecnologia da informação e ciência para lidar com grandes volumes de dados de forma colaborativa e multidisciplinar é o que está se denominando *e-science*.

A TV digital também apresenta desafios. Em junho de 2006, o governo brasileiro assinou o decreto de adoção do padrão japonês de TV digital. Além de uma melhor resolução de imagem e cores mais nítidas, a TV Digital abre toda uma gama de novas possibilidades. Com ela, o aparelho de TV deixa de ser um terminal passivo e passa a oferecer ao usuário a possibilidade de interação com o conteúdo do programa a que está assistindo. O governo brasileiro pretende exatamente que a funcionalidade de interatividade promova a inclusão digital.

Diferentemente dos computadores, a lógica de funcionamento da TV Digital pretende ser mais simples. Enquanto os primeiros possuem lógica de funcionamento peculiar e que precisa ser entendida, fazendo com que os muitos usuários, principalmente os mais idosos, tenham receio de usá-los por medo de quebrá-los, as TVs já possuem lógica de funcionamento bem compreendida. O que se necessita entender é apenas a integração das funcionalidades de interação com as demais funções da TV. Por exemplo, em um programa sobre ferrugem da soja, o telespectador pode informar a ocorrência da praga em sua região e acessar os boletins climáticos de alerta de dispersão da praga.

6.5 Papel da TI na pesquisa agropecuária

A evolução recente da PD&I para o setor agrícola brasileiro pode ser discutida em função do macroambiente (mundo e Brasil) e sua relação com o desenvolvimento sustentável. Quanto se fala em ciência em qualquer que seja a área de conhecimento depende-se da computação para

processar gigantescas massas de dados ou simular novos e complexos fenômenos. Na agricultura brasileira não seria diferente, não seríamos capazes de antecipar as mudanças climáticas, realizar previsões meteorológicas, monitorar o desmatamento da Floresta Amazônica e realizar as pesquisas genéticas se não fossem os avanços alcançados na área de TI.

O enorme avanço da agricultura brasileira nos últimos 35 anos confirmou a convicção existente nos anos 70 de que era necessária a criação de tecnologias adaptadas ao ambiente tropical (PAC Embrapa), fundamentadas em pesquisa científica contínua e bem planejada como explanado no capítulo 5. A produção saltou de cerca de 38 milhões de toneladas em 1975 para 143,6 milhões de toneladas de grãos estimadas em 2008 (IBGE), com aumento de 28,4 para 47,1 milhões de hectares de área plantada. Portanto, para uma produção que cresceu por um fator de 3,78, teve-se um aumento muito menos significativo (1,66) na área plantada devido à crescente produtividade da terra.

No capítulo 5 também é apresentado como o avanço tecnológico evidenciado por essa crescente produtividade foi conseguido graças ao fortalecimento nos últimos 35 anos do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), que inclui a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), as Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas), e as Universidades. Hoje, o Brasil é o maior produtor mundial de etanol, café, cana-de-açúcar, laranja e carne bovina, e o segundo maior exportador de soja.

Entretanto, para manter sua competitividade no cenário internacional e conquistar novos mercados, um estudo realizado pela Rede de Inovação e Prospecção Tecnológica (Ripa), Cenários do Ambiente de Atuação das Instituições Públicas e Privadas de PD&I para o Agronegócio e o Desenvolvimento Rural Sustentável no Horizonte de 2023, mostrou que o país deverá aumentar ainda mais a eficiência de seus sistemas produtivos em termos de uso de insumos agrícolas, incluindo o provimento de alternativas orgânicas, biológicas ou naturais, além do uso otimizado de água e energia. A essas restrições ainda se somam questões como a necessidade de preservação dos biomas, os mecanismos de sequestro de carbono, certificação de qualidade dos produtos e rastreabilidade dos alimentos, garantia de bem-estar animal, equilíbrio social, as mudanças climáticas e a intensificação da agricultura na matriz energética mundial por meio dos biocombustíveis.

Por ser uma área transversal, a tecnologia da informação tem o potencial de aplicação em todas essas questões. A Embrapa Informática Agropecuária tem comprovado a complementaridade da TI em estudos de cenários do impacto de mudanças climáticas na agricultura, na modelagem de interação presa-predador, na busca de genes de interesse relacionados com determinado fator (estresse biótico, estresse abiótico etc.) e na predição e análise de estruturas de proteínas. A Embrapa ainda tem um longo caminho a percorrer na incorporação da bioinformática em seus programas de melhoramento genético, fazendo com que somente sejam levados a campo os experimentos com alto potencial de sucesso.

Mais especificamente, na área de bioinformática, estão previstos projetos na área de prospecção de novas tecnologias para obtenção de dados genômicos; bases de conhecimento em nível molecular, desvendando as principais forças que regem a comunicação e interação entre macromoléculas biológicas; caracterização estrutural e funcional das proteínas identificadas através dos proteomas brasileiros com impacto no agronegócio; e *pipeline* de utilização de softwares de bioinformática na Embrapa visando sua interoperabilidade; entre outros.

Uma plataforma de *e-science* poderia ser construída na área de bioinformática para atender a demandas no âmbito da pesquisa agropecuária. A Embrapa tem estimulado a criação de laboratórios multiusuários para atender tais demandas de alta complexidade científica, envolvendo equipes multidisciplinares e equipamentos altamente qualificados. A experiência com bionfor-

mática poderia, posteriormente, ser estendida para outras áreas que a Embrapa visa atender por meio de seus centros de pesquisa e instituições parceiras públicas e privadas.

Um ambiente virtual para pesquisa científica envolve um trabalho na área de organização da informação. A Agência de Informação Embrapa1 segue a linha de organização através de gestor de conteúdo. A forma hierárquica de organização da informação, facilmente compreensível pelos seus usuários, relaciona as informações dentro de cada tema/produto. Um projeto previsto na Embrapa prevê a evolução da metodologia de construção das agências por meio de geração semiautomática de ontologias baseadas em mineração de textos e processamento de linguagem natural. Outro projeto aplica conceitos da Web Semântica no tratamento e organização de dados genômicos. A execução desses novos projetos dará uma importante contribuição para a inserção da Embrapa no panorama global de integração de informações previstos na Web Semântica, inclusive vinculando três das quatro áreas do relatório Roco; Bainbridge (2002): a TI, biotecnologia e ciência cognitiva.

Adicionalmente, para contemplar os novos desafios da agricultura brasileira, além de projetos na área de organização e estruturação da informação agropecuária, ainda estão sendo desenvolvidos projetos no âmbito do monitoramento de fronteira agrícola e dos biomas; uso de ferramentas inteligentes na gestão de recursos hídricos, no diagnóstico de doenças e no licenciamento ambiental; sistemas de suporte à decisão para análise de impactos ambientais; sistemas de modelagem e simulação de cenários agrícolas futuros frente às mudanças climáticas; modelagem e simulação de sistemas de produção agrícola; e sistemas de rastreabilidade animal, entre outros.

Avanços na área de modelagem e simulação de crescimento de plantas são outros grandes desafios na pesquisa agropecuária. Aplicações como análise funcional-estrutural de plantas, desenvolvimentos de modelos de crescimento de plantas, análise de fenótipos para genômica animal e realidade aumentada para instrumentação e controle envolvem a construção automática de modelos tridimensionais a partir de imagens digitais de modo que possam ser produzidas e utilizadas em larga escala.

A construção automática de modelos tridimensionais para objetos simples, provenientes de atividades humanas, tais como prédios e móveis, recebeu muita atenção da comunidade de visão computacional nos anos 90. Entretanto, a construção de modelos 3D de plantas a partir de imagens digitais é muito mais complexa, dado às estruturas orgânicas das plantas e as condições de ambiente externo que influenciam seu crescimento, tais como luz e sombra. Este trabalho de pesquisa envolve estudos e investigações na área de computação gráfica, processamento de imagens e reconhecimento de padrões. Algoritmos desenvolvidos no âmbito deste trabalho visam auxiliar as pesquisas em botânica, ambiente, genômica e proteômica. Em um horizonte mais longo, outros campos que se beneficiariam dos resultados seriam sistemas de realidade aumentada aplicada à instrumentação em agricultura e o uso de robôs em agricultura de precisão.

6.6 Tendências de produção científica de TI aplicada à agricultura

Considerando as duas vertentes discutidas nas seções anteriores, computação e agricultura, a Embrapa Informática Agropecuária vem realizando um estudo sobre tendências da publicação científica brasileira na área de informática agropecuária em relação à produção científica internacional. Inicialmente, julgou-se que seria suficientemente representativo comparar às publicações dos congressos European Federation for Information Technologies in Agriculture, Food

and the Environment (Efita) e Asian Federation for Information Technologies in Agriculture (Afita) em relação às publicações do congresso da Associação Brasileira de Agroinformática (SBIAgro) e à produção científica da Embrapa na área. Seria interessante ter considerado as publicações dos congressos da American Society of Agricultural and Biological Engineers (Asabe), responsável pelos eventos norte-americanos na área, porém à época da análise realizada, os anais desses congressos não estavam disponíveis ao público. Entretanto, esse fato não prejudica os resultados obtidos porque a Efita, a Afita e o SBIAgro participam da rede International Network for Information Technology in Agriculture (Infita), da qual a Asabe também participa; desta forma, ainda que indiretamente, os avanços norte-americanos também estão contemplados.

Com essa análise esperava-se verificar como a produção técnico-científica nacional se enquadra em relação à mundial nesse tema. Havia uma hipótese inicial, com base em experiência do grupo, de que as diferenças ou semelhanças pudessem ser encontradas entre áreas de aplicação de modelos computacionais e entre os modelos computacionais utilizados. Por exemplo, sabe-se que um modelo de modelagem e simulação do crescimento da cultura de trigo é diferente para clima frio, onde a semente hiberna, e clima quente; também se sabe que modelos de produção de bananas ou cana-de-açúcar são mais importantes em regiões de clima tropical. Assim, a questão a ser verificada era se os modelos computacionais seguiriam as mesmas tendências, porém seriam aplicados a diferentes culturas e/ou condições.

No escopo dessa análise, foram utilizados os anais dos congressos do Efita de 1997, 1999, 2001, 2003, 2005, 2007 e 2009. Os anais do Afita de 1998, 2000 e 2002 e os anais do SBIAgro de 2003, 2005, 2007 e 2009. Em relação à Embrapa, foi utilizada toda a produção científica até 1997 e de 1998 até 2007.

O primeiro problema que se apresentou foi a diferença entre os tópicos e subtópicos dos congressos. Esses tópicos são bastante distintos entre diferentes congressos e dentre os mesmos congressos, assim como, a publicação científica da Embrapa, como um todo, não respeita os mesmos tópicos que os congressos. Para solucionar esse problema foram utilizados dicionários de vocabulário controlado. Na área agrícola, utilizou-se o Thesagro, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e o Agrovoc da Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). Na área de computação optou-se por utilizar a taxonomia da Association for Computing Machinery (ACM).

Para identificação de uma taxonomia de classes de modelos e aplicação foram utilizados métodos e técnicas de mineração de textos de acordo com a metodologia TopTax (MOURA, 2009), na qual a informação automaticamente produzida é avaliada por um especialista do domínio de conhecimento e pode ser alterada; assim, a categorização de assuntos, aqui apresentada, é resultado de um processo semiautomático, no qual o julgamento semântico subjetivo é realizado por especialistas em agroinformática.

No resultado final, foram obtidas 90 áreas de aplicações e 49 modelos computacionais. Os principais resultados obtidos podem ser observados nas Figuras 6.1 e 6.2. As Figuras 6.1 e 6.2 apresentam o primeiro quartil das principais áreas de aplicação na agricultura e dos modelos computacionais, respectivamente.

Tanto na Figura 6.1 quanto na Figura 6.2 pode-se observar bastante semelhança nas publicações do SBIAgro e do Efita. Na Figura 6.1, nota-se apenas uma distorção na produção científica da Embrapa Informática Agropecuária em relação ao número de publicações nas áreas de clima e recursos hídricos. A maioria desses artigos foram publicados em congressos específicos dessas áreas; não há muitas publicações destas áreas de aplicação nos congressos de agroinformática. Em relação aos modelos computacionais pode-se observar um destaque na produção científica da Embrapa Informática Agropecuária em geoprocessamento, software para análise

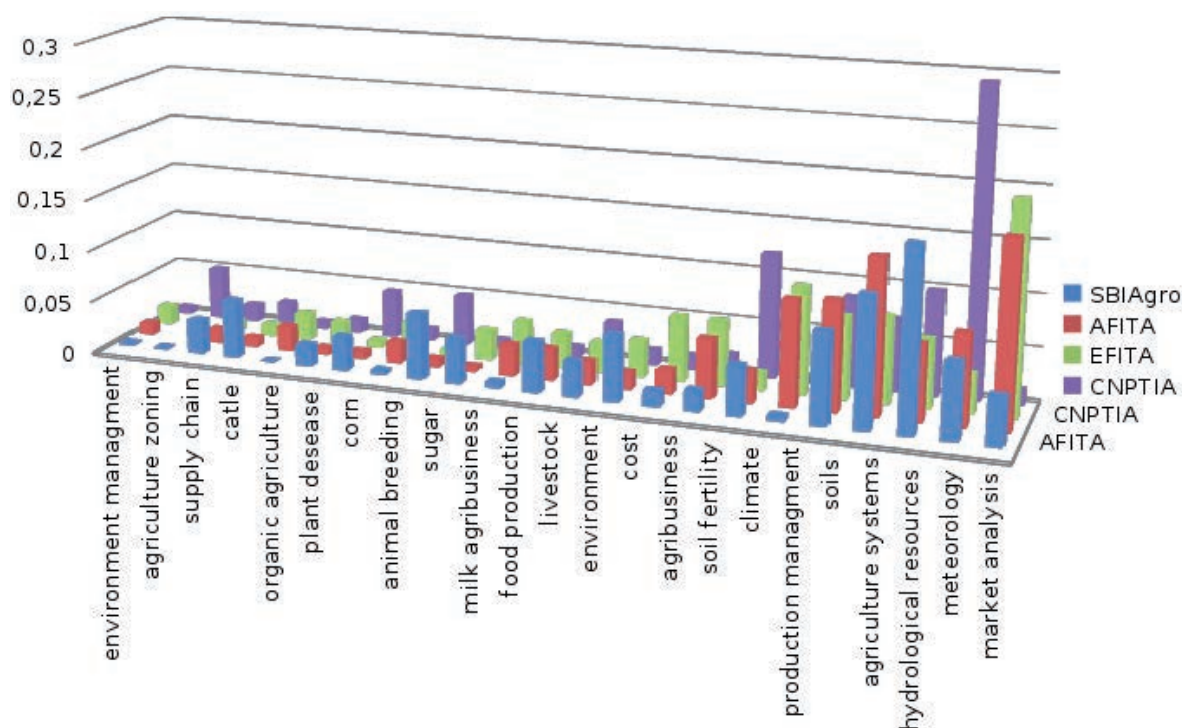


Figura 6.1. Principais áreas de aplicação das publicações

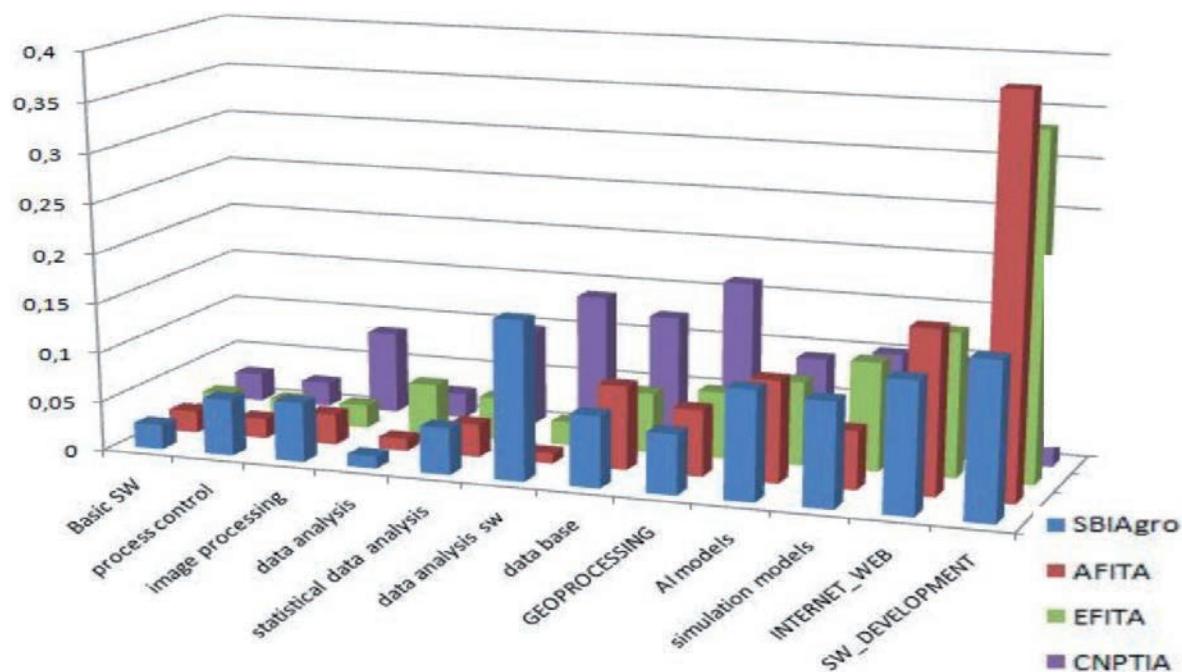


Figura 6.2. Principais modelos computacionais utilizados nas publicações

de dados, análise estatística de dados e nos modelos de inteligência artificial. Deve-se observar que os trabalhos na área de geoprocessamento também são trabalhos publicados em congressos específicos da área.

Em relação aos modelos computacionais, pode-se observar um destaque na produção científica

da Embrapa Informática Agropecuária em geoprocessamento, software para análise de dados, análise estatística de dados e nos modelos de inteligência artificial. Deve-se observar que os trabalhos na área de geoprocessamento também são trabalhos publicados em congressos específicos da área, dado que esse tipo de tecnologia é amplamente utilizada em sistemas de suporte à decisão para zoneamento, monitoramento territorial e recuperação de áreas degradadas (integração lavoura, pecuária, floresta, energia). É importante ressaltar também que o domínio desses modelos computacionais são essenciais para incorporação de tecnologias avançadas no agronegócio, tais como automação, nanotecnologia, biotecnologia, sistemas de suporte à decisão, citadas anteriormente neste capítulo bem como na prospecção do capítulo 5.

É importante lembrar que essa foi uma primeira aproximação de categorização a partir das técnicas de mineração de textos. Entretanto, também será necessário aprimorar todo esse processo de análise de dados visando otimizar os resultados obtidos. Dentre os trabalhos futuros, pretende-se:

- formalizar e estabelecer a metodologia empregada;
- aumentar a amostra de congressos: outros relacionados aos temas encontrados do segundo quartil para cima;
- aumentar a amostra da produção científica nacional: outras unidades da Embrapa e do SNPA;
- e realizar uma análise cruzada destas categorias para melhorar as investigações das tendências na área de tecnologia de informação aplicada à agricultura.

6.7 Considerações finais

Tendo como pano de fundo, por um lado, os cenários para o agronegócio e desenvolvimento rural sustentado e, por outro, os cenários específicos para a área de TI, pôde-se estabelecer o foco de atuação em TI para o período de 2008-2023. Esse foco considerou ainda os dados coletados nos painéis de especialistas em agroinformática no projeto Estudo do Mercado Brasileiro de Software para o Agronegócio. O projeto catalogou softwares aplicados desde ao gerenciamento e controle de rebanhos, administração de propriedades e prescrição de alimentação e receituários, passando por controle financeiro, cálculo de calagem, dimensionamento de sistemas de irrigação e geoprocessamento, até sistemas de planejamento agrícola, manejo ambiental e de zoneamento climático e econômico.

Foram identificados mais de 402 softwares comercializados por 162 empresas. A grande variedade e aplicabilidade dos softwares identificados, em sua maioria produzidos por pequenas empresas, associado ao fato de que muitas dessas empresas viam a Embrapa como um concorrente e não com um parceiro, reforçou que a atuação da Embrapa Informática Agropecuária deveria se concentrar na pesquisa e desenvolvimento de métodos, técnicas e ferramentas de TI diretamente aplicados às atividades de P&D da empresa ou à transferência de tecnologia. Tendência confirmada através da análise da sua produção científica em relação à produção científica nacional e internacional na área de agroinformática.

Exemplos de tais produtos são: o Agritempo, cujo banco de dados atende tanto à pesquisa, na elaboração de zoneamentos e modelagem de cenários de mudanças climáticas, quanto ao produtor rural, ao disponibilizar mapas de monitoramento (estiagem agrícola, água disponível no solo etc.) e de previsão (condições para tratamento fitossanitário, necessidade de irrigação etc.); a Agência de Informação Embrapa, que disponibiliza ao produtor informações atualiza-

das sobre temas e produtos pesquisados pela Embrapa; o Sistema de Solos que fornece dados dos solos brasileiros como subsídio tanto para a pesquisa quanto para a extensão rural; os bancos de dados de germoplasma, sequências genômicas, estruturas de proteínas; os sistemas de reconhecimento de padrões para identificação de área plantada; os sistemas de diagnose virtual de doenças ou de deficiência nutricional de plantas; e os sistemas de monitoramento da cobertura vegetal e da biodiversidade, que tanto podem apoiar a pesquisa quanto à elaboração de políticas públicas.

Cabe ressaltar ainda que é necessário construir programas colaborativos entre governo, iniciativa privada e instituições de ensino e pesquisa, que permitam o desenvolvimento de projetos estratégicos na área de computação aplicada à agricultura. Exemplos de programas que envolve redes de trabalho multidisciplinares e transdisciplinares de pesquisa podem ser encontrados em projetos da Embrapa, Petrobras, no Projeto Genoma da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e no projeto Ginga, de software aberto, para o Sistema Brasileiro de TV Digital. É imprescindível para um país que visa alcançar o progresso social e um crescimento econômico sustentável investir em ciência e tecnologia (C&T) na área de TI aplicada à agricultura, de modo a garantir o desenvolvimento de infraestruturas modernas.

6.8 Referências

ALBERTIN, A. L.; ALBERTIN, R. M. de M. **Aspectos e contribuições do uso de tecnologia de informação**. São Paulo:Atlas, 2006, 198 p.

ALKMIM, M. B. M.; CUNHA, L. R.; FIGUEIRA, R. M. Aplicação de tecnologias de informação e comunicação na saúde: experiência do Centro de Telessaúde do Hospital das Clínicas da UFMG. **Informática Pública**, Ano 10, n. 2, p. 105-114, 2008. Disponível em: <http://www.ip.pbh.gov.br/ANO10_N2_PDF/aplicacao_tecnologias_informacao_comunicacao_saude.pdf>. Acesso em: 25 set. 2010

BAZZAN, A. L. C.; KLÜGL, F. Sistemas Inteligentes de Transporte e Tráfego: uma abordagem de tecnologia da informação. In: KOWALTOWSKI, T.; BREITMAN, K. **Atualizações em Informática**. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2007.

BELL, G.; HEY, T.; SZALAY, A. Beyond the data deluge. **Science**. v. 323 n. 5919 p. 1297-1298, Mar. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/323/5919/1297>>. Acesso em: 25 set.. 2010. DOI:10.1126/science.1170411.

BORGMAN, C. L. A premissa e a promessa de uma infra-estrutura global de informação. **Revista de Biblioteconomia**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 91-126, 2001.

BRASSCOM. Conhecimento do negócio. 2010. Disponível em: <<http://www.brasscom.org.br/brasscom/content/view/full/1932>>. Acesso em: 25 set. 2010.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação no Brasil: TIC domicílios e TIC empresas**. Tradução Karen Brito. São Paulo, 2010. Edição bilíngüe: português/inglês.

EXTREME genetic engineering: an introduction to synthetic biology. Canada, 2009. 64 p. Disponível em: <<http://www.etcgroup.org/upload/publication/602/01/synbioreportweb.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2010.

HALL, M.; PADUA, D.; PINGALI, K. ACM. Compiler Research: The Next 50 Years. **Communications of the ACM**, v. 52, n. 2, 2009.

HOANG, B.; CAUDILL, A. **Distributed Diagnosis and Home Healthcare**. IEEE Emerging Technology Portal. Disponível em: <<http://www.ieee.org/portal/site/emergingtech/techindex.jsp?techId=420>>. Acesso em: 25 set. 2010.

- INFORMANIACOS. **Tecnologia no controle de tráfego aéreo**. Disponível em: <<http://bloginformaniacos.blogspot.com/2010/04/tecnologia-no-controle-de-trafego-aereo.html>>. Acesso em: 25 out. 2010.
- MAÇADA, A. C. G.; BECKER, J. L. O Impacto da Tecnologia de Informação da Estratégia dos Bancos. **Revista de Administração de Empresas**, v. 41, n. 4, p. 87-97, out. /dez. 2001.
- MOURA, M. F. **Contribuições para a construção de taxonomias de tópicos em domínios restritos utilizando aprendizado estatístico**. 2009. 137 f. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, SP.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Realizing the information future: the internet and beyond**. Washington, D.C.: National Academy, 1994.
- OLIVEIRA, B. Empresas de TI veem oportunidades nas redes inteligentes do setor elétrico. **Jornal da Energia**. São Paulo. junho 2010. Disponível em: <http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?>. Acesso em: 01 out. 2010.
- PACHECO, R. C. S.; TAIT, T. F. C. Tecnologia de informação: evolução e aplicações. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 8, n. 14, p. 97-113, maio 2000.
- PACIEVITCH, T. **Tecnologia da Informação e Comunicação**. *Infoescola*. 2009. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/informatica/tecnologia-da-informacao-e-comunicacao>>. Acesso em: 05 out. 2010.
- ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. (Ed.). **Converging technologies for improving human performance: nanotecnologia, biotecnologia, information technology and cognitive science**. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic, 2002.
- SCHMIDT, K. F. **Nanofrontiers: visions for the future of nanotechnology**. Project on Emerging Technologies. Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2007. 45 p. Project on Emerging Nanotechnologies.
- SILVA FILHO, A. M. O papel da tecnologia da informação e comunicação na melhoria do processo de ensino e aprendizagem. **Revista espaço acadêmico**, n. 74, jul. 2007.
- UNIÃO EUROPEIA. FP7. **As respostas do amanhã começam hoje**. Bruxelas: Comissão Europeia, 2006. 32 p. (Investigação comunitária).
- UNITED STATES. Federal Aviation Administration. **Surveillance and Broadcast Services**. Disponível em: <http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/enroute/surveillance_broadcast/>. Acesso em: 25 out. 2010.
- UNITED STATES. President's Information Technology Advisory Committee. **Computational Science: ensuring America's competitiveness**. Arlington, VA: National Coordination Office for Information Technology Research Development, 2005. 104 p. Report to the President.
- UNITED STATES. **Presidential Decision Directive 63**. 1998. Disponível em: <www.cybercrime.gov/white_pr.htm>. Acesso em: 5 out. 2010.
- YOUSIF, M. Towards Green ICT - Keynote. **Ercim News**. n. 72, p. 3, Oct. 2009.