

Tecnologias emergentes - futuro e evolução tecnológica das AgroTIC

Maria Angelica de Andrade Leite
Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá
Silvio Roberto Medeiros Evangelista
Kleber Xavier Sampaio de Souza

1 Introdução

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) é uma realidade em todos os setores e ramos de atividades, tanto em nível operacional como estratégico. Na agricultura, como não poderia deixar de ser, as TIC vêm ganhando território cada vez maior. Com a popularização da internet, o uso das TIC foi potencializado em diversos campos. O entendimento desta evolução e suas tendências possibilitam a identificação das oportunidades e dos desafios que estão por vir na Era Digital. O setor agrícola tem buscado formas de assimilar a constante inovação destas tecnologias e garantir o aproveitamento das contribuições oferecidas por elas.

Na área tecnológica, as TIC, inicialmente, aplicadas à execução de procedimentos rotineiros, veem-se diante do crescente desafio de proporcionar, aos tomadores de decisão, a apresentação de informações confiáveis e atualizadas além de contribuir para automatização dos processos envolvidos no desenvolvimento agrícola. Por meio do trabalho colaborativo, profissionais distantes geograficamente trabalham em equipe. As TIC favorecem a tendência de que as fronteiras se tornem cada vez menos demarcadas, em relação ao seu meio ambiente, e as equipes trabalhem em parceria gerando novos conhecimentos e competências. Seu grande potencial reside na sua transversalidade, podendo agregar valor e benefício para as diversas áreas de negócios, mercado, agricultura e meio ambiente.

Algumas das inovações mais recentes prometem alavancar as pesquisas na agricultura. A convergência das áreas de Nanociência, Biotecnologia, Tecnologia da Informação e Ciência Cognitiva (NBIC), irá propiciar um grande salto qualitativo na forma como o mundo da agricultura pode ser transformado. A evolução da abordagem de sistemas, matemática e computação em conjunto com o trabalho em áreas NBIC permitirá, pela primeira vez, compreender o mundo natural e a cognição em termos de sistemas complexos e hierárquicos. Aplicado tanto para problemas específicos de pesquisa quanto para a organização geral da empresa de pesquisa, essa abordagem de sistemas complexos fornece consciência holística e oportunidades de integração, a fim de obter o máximo de sinergia ao longo das principais direções do progresso (KIM et al., 2012).

As próximas seções apresentam alguns campos que vêm recebendo a atenção da comunidade de pesquisa e prometem promover uma nova revolução no campo agrícola e na área de TIC. A seção 2 apresenta uma revisão dos trabalhos e conceitos que vêm sendo desenvolvidos na área da

agricultura de precisão, incluindo a robótica e o uso de robôs; a seção 3 apresenta os avanços da nanotecnologia em biotecnologia e em novos materiais que vão impulsionar os rumos da computação; a seção 4 discute a Internet das Coisas e como a computação pervasiva está se tornando uma realidade; a seção 5 apresenta como as TIC auxiliam na disponibilização e interpretação da informação e do conhecimento; a seção 6 trata de novos modelos de descoberta de conhecimento na era do big data e, finalmente, a seção 7 traz as considerações finais.

2 Robótica agrícola e uso de robôs

O crescimento da população mundial levou à necessidade de um nível crescente de padrão tecnológico em agricultura de precisão, tanto para otimização do uso de insumos e capital na preservação do ambiente quanto no aumento e intensificação da produção. Essa necessidade, por sua vez, criou uma exigência de novos métodos, ferramentas e estratégias para processos agrícolas. A robótica e as pesquisas de inteligência artificial podem oferecer novas soluções em agricultura de precisão para processos relacionados com a semeadura, a colheita e o controle de plantas daninhas além de aplicações de fertilizantes e pesticidas, visando melhorar a produtividade e a eficiência.

A aplicação de máquinas agrícolas na agricultura de precisão tem experimentado um aumento de investimento e de pesquisa, devido à utilização de aplicações de robótica na concepção de máquinas e execução de tarefas. Uma das áreas que tem ganhado mais força é a agricultura de precisão autônoma que consiste na operação, orientação e controle de máquinas autônomas para realizar tarefas agrícolas. Espera-se que, no futuro próximo, veículos autônomos estarão no coração de todas as aplicações de agricultura de precisão. O objetivo da robótica agrícola vai além da aplicação de tecnologias de robótica para a agricultura. Atualmente, a maioria dos veículos agrícolas automáticos utilizados para a detecção de plantas daninhas, a dispersão de agrotóxicos, terraplenagem, irrigação, e demais atividades agrícolas são tripulados. Um desempenho autônomo desses veículos vai permitir uma supervisão contínua do campo, desde o levantamento de informações sobre o meio ambiente, que podem ser adquiridos de forma autônoma, à execução adequada da tarefa a ser realizada pelo veículo. As qualidades mais importantes dos veículos agrícolas automáticos podem ser agrupadas em quatro categorias conforme mostrado a seguir:

- **Orientação:** a maneira como o veículo navega no ambiente agrícola.
- **Detecção:** a extração de características biológica do ambiente.
- **Ação:** a execução da tarefa para a qual o veículo foi projetado.
- **Mapeamento:** a construção de um mapa do campo agrícola com as suas características mais relevantes.

O processo de orientação necessita de informações sobre o meio ambiente (mapeamento) e os recursos atualmente detectados (detecção). Por exemplo, para semeadura ou colheita, a unidade de serviço deve estar ciente da presença de árvores ou obstáculos em movimento para sua navegação. Assim, um mapa do ambiente permitirá a navegação segura de uma unidade de serviço e as características detectadas permitirão um planejamento adequado para realizar ações (por exemplo, o nivelamento do terreno, aplicação de pesticidas, etc). Durante o mapeamento, um mapa do ambiente ao redor é construído e mantido para auxiliar o processo de navegação (orien-

tação). Esse mapa é composto pelos recursos ou medidas obtidas a partir do ambiente (detecção) e as informações sobre a localização da unidade de serviço para orientação e ação. A detecção é a aquisição de informações diretamente do ambiente agrícola. Esta informação é usada na fase de mapeamento do meio ambiente para orientar o processo de navegação (orientação) ou para executar uma determinada ação (por exemplo, a detecção de plantas daninhas ou aplicação de agrotóxicos). Finalmente, a fase de ação representa a forma como a unidade de serviço interage com o campo agrícola. Tal ação pode ser realizada na base de um processo de orientação (por exemplo, a colheita ou a semeadura), de detecção (por exemplo, remoção de ervas daninhas), ou de mapeamento (por exemplo, aplicação de agroquímicos com base nas informações anteriormente adquiridas).

Para incorporar a capacidade de agricultura de precisão autônoma, alguns problemas ainda devem ser contornados. As ferramentas desenvolvidas no campo robótico podem ser usadas como soluções propostas para estes problemas e para melhorar o processo agrícola. No entanto, o objetivo da robótica agrícola não é apenas a aplicação de tecnologias robóticas no campo da agricultura, mas também usar os desafios agrícolas para desenvolver novas técnicas e sistemas.

Algumas questões ainda permanecem em aberto nesta área e requerem um maior investimento em pesquisa. Uma delas se refere ao serviço de interação das máquinas com trabalhadores do campo, ou seja, como as máquinas irão atuar no campo, cumprindo sua tarefa e, ao mesmo tempo, detectando os trabalhadores presentes no campo, permitindo trabalhar cooperativamente com eles e mantendo-os em segurança. Outra questão se refere às manobras das máquinas autônomas nos campos. Neste caso, as habilidades de navegação, localização, orientação e manobras de giro exigem estratégias específicas que estão diretamente relacionadas com a disposição do ambiente e os recursos do veículo. Neste sentido, deve haver uma adaptação máquina-campo. Por fim, um outro ponto em aberto refere-se ao planejamento das tarefas, ou seja, a definição da sequência de execução das tarefas. Esta questão está intimamente relacionada com a versatilidade da unidade de serviço e consiste em ter uma arquitetura hierárquica com base nas prioridades e gerenciamento de tarefas. O sistema deve ser capaz de gerir os recursos disponíveis a fim de otimizar as tarefas agrícolas que devem ser executadas. (AUAT CHEEIN; CARELLI, 2013).

Para a solução destas questões, algumas áreas de pesquisa a serem aprofundadas se referem a estudos de interação homem-robô, o trabalho cooperativo e colaborativo, sistemas de controle, visão computacional, inteligência artificial, sistema de posicionamento global, sensoriamento remoto, entre outras. Além disso, existem os problemas relacionados com as características dos campos agrícolas pois, por exemplo, as habilidades necessárias para as máquinas autônomas executarem tarefas de colheita em uma plantação de café são diferentes daquelas referentes à colheita de soja. Por outro lado, existe uma preocupação relacionada ao uso excessivo de trânsito de maquinário nos campos agrícolas podendo provocar a compactação do solo, que impede a obtenção de oxigênio e de água que flui através dele (HARRIS, 2013).

Nesta linha de veículos autônomos, a empresa John Deere desenvolveu um protótipo de um trator automático que usa sinais de satélite para seguir rotas pré-programadas sem condutor humano. A empresa Kinze Manufacturing também utiliza uma abordagem similar para a sua solução de máquina autônoma. A condução autônoma no campo é considerada mais fácil do que na estrada, devido o ambiente ser mais previsível, não existindo pedestres em trânsito e nem outros veículos circulando na mesma via (BAUCKHAGE et al., 2012).

A robótica na agricultura de precisão foca mais nos campos, no cuidado e na manipulação da área das plantas e de seu entorno. Entretanto, existem pesquisas centradas nas raízes das plantas que, embora invisíveis, carregam grande inteligência, coletando informações sobre as propriedades físicas e composição química do solo, utilizando esta informação para decidir em que direção irão continuar crescendo. Aliado a isto, podem perfurar o solo empregando apenas uma fração da energia consumida pelas brocas artificiais além de serem consideradas sistemas altamente eficientes para exploração subterrânea. Olhando para este aspecto, já existem pesquisas para desenvolver dispositivos robóticos que se comportem como as raízes das plantas sendo seu objetivo construir robôs que possam monitorar a poluição do solo, detecção de minerais e, principalmente, a detecção de água possibilitando uma melhor gestão dos reservatórios subterrâneos (ROBOT PLANTS..., 2013).

Pelo que foi apresentado pode-se verificar que a área de agricultura de precisão tem dado bastante atenção na robótica agrícola no sentido de desenvolver máquinas e equipamentos agrícolas, com eletrônica embarcada e dispositivos robóticos, que permitam sua atuação da forma mais autônoma possível. Uma outra linha de pesquisa reside na construção de robôs de aspecto humanoide que possam desempenhar funções associadas aos seres humanos.

Robôs autônomos que podem atuar em locais perigosos para os humanos, pilotar veículos ou assumir o controle da direção em situações de emergência já são realidade. Universidades brasileiras já desenvolvem robôs que comandam dispositivos com o pensamento, especialmente para uso na medicina. Por meio de sensores de um eletroencefalograma – aparelho que mede a atividade cerebral – é possível captar os pensamentos dos usuários que são traduzidos por um software, o qual interpreta os dados obtidos e os transformam em comandos executados por robôs conectados à internet. Especialistas entendem que o aprendizado das máquinas apresenta características similares ao dos humanos. Entretanto, construir robôs tão inteligentes quanto pessoas é um dos principais desafios que motivam profissionais da robótica. Trata-se de algo extremamente complexo e envolve conhecimentos científicos sobre os fundamentos da cognição humana (RODRIGUES, 2014).

A agroindústria está defasada no uso de robôs em suas atividades e processos, se comparar à indústria, onde a utilização de robôs é presente em vários estágios de produção. Naturalmente, uma dificuldade é a adaptação de robôs para uso em ambientes mais rústicos e ao ar livre. A evolução tecnológica, assim como a evolução dos sensores, da inteligência artificial, dos agentes autônomos inteligentes, da precisão do *Global Positioning System* (GPS), dos equipamentos de telemática e da mecânica de movimentação de máquinas, permitiu que se vislumbre a utilização de robôs para atividades no campo (ZAPPA, 2014).

A Universidade de Illinois, por exemplo, desenvolveu uma geração de vários robôs autônomos que se movem nas linhas de plantio com o objetivo, em longo prazo, de assumir algumas das funções atualmente desempenhadas por equipamentos de grande porte. A ideia é colocar alguns robôs no campo, que se comunicam uns com os outros, para manejo e coleta de dados (PETERSON, 2014). Outra característica interessante é a futura capacidade de troca de informação entre os robôs que, espelhando-se no comportamento das abelhas que saem em busca do néctar e voltam para compartilhar a informação, podem encontrar plantas daninhas e comunicar esta localização a outros robôs para que eles possam atuar de forma conjunta.

Os robôs podem ser equipados com sensores ultrassônicos e sensores infravermelhos de detecção de movimento permitindo manobras dentro da linha de cultura, usando uma abordagem não

linear. O robô curva-se à esquerda se sente a presença de uma planta a sua frente e, em seguida, dirige-se para a direita, ao perceber uma outra planta. Como resultado, o robô acha o seu caminho entre as diversas linhas de plantio. Para fazer curvas no final de uma linha, sensores detectam quando ela acaba e sinalizam para que o robô vire. Quando estes robôs adquirirem uma grande capacidade de movimentação nos campos, eles podem ser programados e equipados para exercer funções como a detecção de doenças, de ervas daninhas, de insetos, de amostragem do solo ou mesmo aplicação de pesticidas ou fertilizantes, de forma precisa.

A viabilidade prática destes robôs, no auxílio das atividades agrícolas, dependerá da combinação de três fatores: robôs agrícolas, sistemas inteligentes e rede de sensores sem fio, espalhados no campo para monitorar a plantação e avaliar a sua vitalidade. Estes sensores devem ser capazes de coletar informações sobre o ambiente e a planta, a fim de tomar algum tipo de decisão em função dos parâmetros de entrada (ALISSON, 2014). Desta forma, vislumbra-se a possibilidade de uso de robôs em quase todas as fases de cultura, praticamente sem intervenção humana. Implementações de pequena escala já estão no horizonte. Este tipo de aplicação estará viável cientificamente em 2023 e financeiramente factível por volta de 2026 (ZAPPA, 2014).

Enquanto as experiências se concentram em atribuir capacidades humanas aos robôs, permitindo que sejam capazes de executar funções associadas a pessoas, seja no campo ou em outras áreas de atuação, por outro lado existem estudos e experimentos que incorporam elementos robóticos nos seres humanos. São os chamados cyborgs ou trans-humanos. O termo cyborg literalmente significa organismo cibernético, ou seja, um ser composto tanto da parte orgânica quanto da parte mecânica. Tradicionalmente, os cyborgs são tratados nas histórias de ficção científica. Atualmente, por meio da medicina moderna e, em particular, da protética, o termo tem sido utilizado para se referir a alguns seres humanos que após procedimentos médicos complexos se submeteram a experimentos de implantes robóticos em função de necessidades médicas. Entretanto, alguns usam esta tecnologia para estender sua capacidade de percepção (LANXON, 2014; SOLON, 2014).

Implantes cibernéticos cerebrais, junto com Inteligência Artificial (IA) e Realidade Aumentada (RA) podem ser integrados no cotidiano das pessoas e alterar seu comportamento pessoal. Da mesma forma que a pesquisa do Google e Wikipedia mudaram a forma de buscar e de se lembrar da informação, a IA e a RA poderiam alterar a forma de pensar e interagir. Seguindo o modelo do Google Glass, a IA de um implante neural pode ajudar a analisar rostos, em uma festa, por exemplo, e determinar aqueles socialmente mais relevantes para o usuário. Usando RA projetada em um implante ótico, a IA destaca cada pessoa em sua linha de visão e, quando o usuário se aproximar, pode fornecer um dossiê de seus principais interesses e tipo de personalidade. Pode-se aplicar este nível de acesso à informação a qualquer atividade, quer se trate de grelhar um bife ou a realização de um transplante de coração. A IA com a sobreposição da RA podem melhorar radicalmente a habilidade e capacidade humana em exercer suas atividades (MUNKITTRICK, 2011). Este tipo de tecnologia permitirá que seres humanos recuperem capacidades perdidas, por meio de acidentes, ou habilidades inexistentes, em função de desordens ocorridas em sua concepção, tornando-os aptos a desenvolver funções em várias áreas de aplicação.

A humanização dos robôs, ou a robotização humana, trará inúmeras possibilidades futuras visando o aumento da habilidade de lidar com o mundo. Questões de ética certamente irão surgir para orientar os avanços tecnológicos e suas implicações nesta área.

3 Nanotecnologia

A natureza tem testemunhado a evolução dos sistemas adaptativos complexos e extremamente inteligentes na condução dos processos biológicos encontrados na vida cotidiana. Por exemplo, uma célula pode fundir processos genéticos, ricos em informação, com sensores em escala nanométrica e atuadores, tornando-se um sistema molecular autônomo eficiente. Estes processos básicos que ocorrem no nível molecular inspiram uma nova abordagem de engenharia: a fusão de biotecnologia (BT), nanotecnologia (NT) e tecnologia da informação (TI). A NT permitiu a produção de novos materiais e dispositivos em escala molecular. Avanços biotecnológicos têm permitido aos cientistas manipular fisicamente vias genéticas ou estirpes de engenharia de proteínas. A informática serviu como catalisador para organizar e compreender o vasto conhecimento do ponto de vista do sistema. A fusão de BT, NT e TI culminará em arquiteturas de sistemas que podem apresentar características dos sistemas biológicos (HO; CHEN, 2007).

O campo da nanotecnologia tem gerado grande interesse nos últimos anos por causa de seu impacto sobre diferentes áreas, como produtos químicos, eletrônicos, agricultura, medicina, farmacêutica e indústria espacial. As nanopartículas são grupos de átomos na gama de tamanho de 1-100 nm (1 nm = 10^{-9} m). Estas nanopartículas possuem propriedades físicas, químicas, ópticas e mecânicas bem definidas. Um dos objetivos da nanotecnologia é ser capaz de projetar, construir e controlar nanossistemas, adaptando-os às necessidades especificadas.

Com relação às aplicações agrícolas, a Embrapa e seus parceiros possuem um extenso trabalho na área de nanotecnologia. Na edição número 6 da Revista XXI – Ciência para a Vida, várias áreas de estudo e aplicações de nanotecnologia na agricultura são descritas no artigo publicado por Reynol e Freire (2014).

A nanobiotecnologia é um novo campo de pesquisa que tem o potencial de revolucionar ambas, a nanotecnologia e a biotecnologia. Entre as possibilidades idealizadas estão as aplicações médicas e veterinárias. Um dos usos concebidos é a restauração de funções fisiológicas danificadas onde as funções naturais passam a ser exercidas por nanomáquinas. Por exemplo, as células pancreáticas podem ser substituídas por nanofábricas capazes de reiniciar a produção endógena de insulina. Um conjunto diferente de possibilidades seria a substituição de organismos vivos, como as bactérias, na produção de drogas e enzimas, por nanofábricas versáteis e eficientes (BUCCI et al., 2014).

Um aspecto importante da nanotecnologia está relacionado com a concepção de métodos experimentais para a síntese de nanopartículas de diferentes composições química, tamanho, forma e dispersividade. Biossíntese de nanopartículas metálicas, utilizando plantas, encontra-se como um dos ramos de pesquisa atualmente. A maioria dos organismos multicelulares possuem a capacidade de sintetizar nanopartículas quer intracelularmente, quer extracelularmente. No entanto, ao contrário dos métodos químicos e físicos, o percurso biológico produz nanopartículas de metais não-tóxicos, e também é eficaz em termos de custos. Assim, a síntese de nanopartículas metálicas utilizando plantas está surgindo como um ramo importante da nanobiotecnologia. Uma grande variedade de plantas e partes de plantas, incluindo folhas, caule, casca e enzimas de plantas demonstraram a síntese bem sucedida de nanopartículas metálicas. Mais importante ainda, a partir do ponto de vista da comercialização, a planta é um sistema biológico não patogênico o que a torna vantajosa para a síntese de nanopartículas metálicas. (RAI; YADAV, 2013).

O impacto da nanotecnologia na tecnologia da informação gira em torno da utilização de nanomateriais para criar componentes menores, mais rápidos, com mais memória e mais eficientes para uso em computadores e em uma escala cada vez menor. Nessa escala, os novos nanomateriais possuem propriedades não observadas no nível micro, que permitem o desenvolvimento de novos dispositivos e aplicações.

A International Business Machines (IBM), por exemplo, está investindo significativamente em áreas de pesquisa como a nanoeletrônica, fotônica de silício de carbono, novas tecnologias de memória e arquiteturas que suportam computação quântica e computação cognitiva. Nos computadores atuais utiliza-se os transistores de silício fabricados com a tecnologia CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor). Estes transistores estão se tornando cada vez menores aproximando-se da nanoescala. Devido à natureza do silício, e às leis da física, eles estão se aproximando de um ponto de limitação física. Novas tecnologias serão necessárias para viabilizar o próximo passo na construção de computadores. Alternativas potenciais incluem novos materiais como grafeno, nanotubos de carbono e nanofotônicos de silício (IBM CORPORATION, 2014).

O grafeno é carbono puro, sob a forma de uma folha de espessura atômica. Trata-se de um excelente condutor de calor e eletricidade, e também é notavelmente forte e flexível. Os elétrons podem se mover no grafeno cerca de dez vezes mais rápido do que em materiais semicondutores comumente usados, tais como silício e germânio silício. Ele é um nanomaterial que tem sido recentemente referido como o silício do século 21. As propriedades ópticas e eletrônicas únicas deste nanomaterial vão permitir o desenvolvimento de uma nova geração de dispositivos eletrônicos, por exemplo, nanotransistores, nanomemórias, nanobaterias, nano transceptores e nano-antenas que vão abrir as portas para ultracomunicações de banda larga entre os nanodispositivos (JORNET; AKYILDIZ, 2012).

Os nanotubos de carbono (NTC) são cilindros tubulares de átomos de carbono que possuem propriedades mecânicas, elétricas, térmicas, ópticas e químicas extraordinárias. Estas estruturas exibem 200 vezes a força e 5 vezes a elasticidade do aço; 5 vezes a condutividade elétrica e 15 vezes a condutividade térmica do cobre; e, aproximadamente a metade da densidade do alumínio. Como um produto à base de carbono, os NTC não apresentam os problemas de degradação ambiental ou físicos, comuns aos metais de maneira geral, como a expansão e contração térmica, corrosão e sensibilidade à radiação (NANOCOMP TECHNOLOGIES, 2014). Os nanotubos de carbono podem formar o núcleo de um dispositivo de transistor que irá funcionar de um modo semelhante ao transistor de silício corrente, mas com melhor desempenho. Eles podem ser usados para substituir os transistores em chips de computadores de alto desempenho e telefones inteligentes ultrarrápidos. Transistores de nanotubos de carbono podem funcionar como excelentes interruptores em dimensões moleculares de menos de dez nanômetros. Os estudos de circuitos eletrônicos sugerem uma melhora de cinco a dez vezes em seu desempenho em comparação com os circuitos de silício tradicionais (IBM CORPORATION, 2014).

Os nanofotônicos de silício utilizam pulsos de luz para a comunicação, em vez dos fios de cobre tradicionais. Eles proporcionam uma super rodovia para transmissão de grandes volumes de dados entre chips de computador em servidores, em grandes datacenters e em supercomputadores, aliviando, assim, as limitações de tráfego de dados. A tecnologia de nanofotônico de silício fornece respostas para os desafios de Big Data por possibilitar a conexão de grandes sistemas numa

distância de alguns centímetros ou alguns quilômetros, permitindo mover terabytes de dados por meio de pulsos de luz através de fibras ópticas (IBM CORPORATION, 2014)

O estudo e a utilização destas nanotecnologias estão permitindo o desenvolvimento de uma nova geração de computadores com a quebra do paradigma da forma como se imagina a computação atualmente. Os avanços de pesquisa exploratória irão levar a descobertas de chips de computador menores, mais rápidos e mais poderosos, possibilitando a nova era da computação incluindo a computação pervasiva, computação quântica, a computação neurosináptica e a computação neuromórfica, conforme abordado nas demais seções deste capítulo.

4 Computação pervasiva ou ubíqua e internet das coisas

A computação ubíqua tem como objetivo tornar a interação homem-computador invisível, ou seja, integrar as TIC com as ações e comportamentos naturais das pessoas. O termo invisível é utilizado no sentido de que as pessoas nem percebem que estão dando comandos a um computador, mas como se participassem de uma conversa com outra pessoa. Além disso, os computadores teriam sistemas inteligentes que estariam conectados ou procurando conexão o tempo todo, tornando-se assim onipresentes.

O primeiro passo para conseguir chegar a essa interação mais facilmente ou de forma invisível, é a utilização de interfaces naturais tais como: fala, gestos, percepção de presença no ambiente ou até mesmo a movimentação dos olhos. O segundo passo seria a geração de uma computação sensível ao contexto, tornando possível que os dispositivos possam capturar o contexto automaticamente. O contexto neste caso é a presença de uma pessoa no espaço ou qualquer tipo de movimento corporal, movimentação dos braços, dedos, cabeça, olhos e até movimentos faciais.

A computação ubíqua requer computadores pequenos, baratos e tecnologias de comunicação com ou sem fios que permitam a conexão com computadores de maior dimensão. Por exemplo, uma casa controlada por dispositivos de computação ubíqua deverá ter controle remoto da iluminação da casa, sistema de extinção de incêndios, sistemas de entretenimento integrados, sistemas para monitorizar a saúde dos ocupantes da casa, uma geladeira que avise os ocupantes da casa sobre produtos estragados ou fora da validade, entre outras funcionalidades (SANTOS, 2011; WIKIPÉDIA, 2014b).

A computação ubíqua ou pervasiva, em seus vários desdobramentos e aplicações, é considerada por muitos como o novo paradigma da Computação para o século XXI, o qual permitirá o acoplamento do mundo físico ao mundo da informação e fornecerá uma abundância de serviços e aplicações, permitindo que usuários, máquinas, dados, aplicações e objetos do espaço físico interajam uns com os outros de forma autônoma e transparente, criando a chamada Internet das Coisas (Internet of Things - IoT). Para construir este cenário, são necessários esforços de pesquisa multidisciplinares, envolvendo praticamente todas as áreas da Computação: sistemas distribuídos, sistemas móveis, redes de computadores, engenharia de software, entre outras.

Algumas tecnologias formam a base para a IoT como as etiquetas Radio Frequency Identification (RFID), as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF), o GPS e as redes móveis que estão sempre evoluindo e possibilitando internet de alta velocidade e oferecendo serviços tanto para as áreas

urbanas quanto para as áreas remotas e as áreas rurais. As etiquetas RFID podem ser facilmente incorporadas em todos os tipos de coisas, devido ao seu tamanho reduzido e sua operação sem bateria. Porém, as etiquetas RFID têm capacidade restrita de processamento, de detecção ou de armazenamento de dados. Neste sentido, as RSSFs podem fornecer à IoT a capacidade de computação, de armazenamento de dados, e detecção necessárias. (JORNET; AKYILDIZ, 2012). A oferta de dispositivos conectados à internet pode ser tanto móvel como fixa, como por exemplo, refrigeradores, equipamentos de transporte, controladores de estoque de silos e armazéns. Um exemplo do uso da IoT é um sistema de produção agrícola que, pela análise de correlação entre a informação estatística da cultura e informações sobre o ambiente agrícola, utilizando sensores, tem melhorado a capacidade dos agricultores, pesquisadores e autoridades governamentais para analisar as condições atuais de clima, solo e planta e prever colheita futura (LEE et al., 2013).

Pesquisadores nos Estados Unidos estão desenvolvendo uma tecnologia que permitirá aos projetistas utilizar “tintas” especiais para imprimir sensores em miniatura dentro de máquinas e em superfícies quentes, duras e difíceis de alcançar. Esta tecnologia, chamada de gravação direta, irá permitir colocar sensores em lugares antes impossíveis contribuindo para acelerar a transição de conexão de máquinas e aparelhos à IoT. (DRIVES CONTROLS, 2014)

O suporte de um conjunto infinito de dispositivos de baixo consumo de energia, o apoio contínuo e acrescido de serviços de computação em nuvem e tempos de resposta muito curtos dentro do link de comunicação móvel permitirão o surgimento das redes de comunicação onipresentes. Uma área que tirará proveito das redes onipresentes é o conjunto de serviços em nuvem implantados. Hoje existem as soluções em nuvem como uma parte essencial dos hábitos de comunicação, tais como: calendário Dropbox, Google, serviços em nuvem da Amazon, e muitos mais. A fim de reduzir o atraso a esses serviços, hoje e no futuro, a nuvem física precisa ser distribuída geograficamente. Esta exigência será contínua no futuro, sendo que serviços em nuvem geograficamente espalhados vão se tornar componentes da rede de acesso. Um conceito que está surgindo é o de nuvens móveis, no qual a nuvem, ou subsistemas de nuvem são localizados nos dispositivos do usuário final. Por meio desta mudança de paradigma, a nuvem se torna distribuída, ou geograficamente espalhada. Como exemplo, se alguém desejar ler uma notícia na web haverá uma alta probabilidade de que no ambiente de nuvem móvel seja possível obter dados em cache que esteja geograficamente perto de sua estação de base, ou ainda melhor, a partir do dispositivo móvel da pessoa que está ao seu lado. As redes de acesso, como atualmente conhecidas, irão passar por mudanças drásticas, a fim de acomodar esta mudança de paradigma. Estas redes tornar-se-ão autoconscientes ou inteligentes (LEHNER; FETTWEIS, 2012).

Uma das estratégias bem sucedidas na competição empresarial é a eficácia da gestão de logística, especialmente quando os produtos agrícolas, que têm um ciclo de vida curto, estão em causa. Aliando a conectividade dos equipamentos à internet com a tecnologia de RFID, onde cada produto vegetal ou animal pode ser etiquetado, vislumbram-se aplicações de controle de estoque, irrigação inteligente e distribuição controlada de produtos. Neste caso, a gestão do tempo afeta diretamente a frescura dos produtos. Será possível acompanhar os produtos nas diversas etapas da cadeia de distribuição e, caso ocorra algum tipo de contaminação, eles poderão ser rastreados, a fim de verificar sua origem, contribuindo, desta forma, para a segurança alimentar, nutrição e saúde, promovendo o desenvolvimento sustentável da agricultura moderna (RFID BEEFS UP, 2013).

Outro exemplo de uso das etiquetas RFID é que uma vez que elas sejam transformadas em sensores RFID, elas podem ser utilizadas para detecção não invasiva de qualidade dos alimentos. Um sensor sem fio de baixo custo para a detecção, em tempo real, da qualidade e da possibilidade de contaminação dos alimentos já está sendo desenvolvido. Nesta abordagem, as etiquetas RFID são transformadas em sensores que têm potencial para criar uma alternativa robusta e barata, podendo ser usadas por pequenas empresas e indivíduos na indústria de alimentos e agricultura. Um exemplo é o uso das etiquetas RFID para medir a qualidade da carne ou de queijo em um supermercado usando a métrica de permissividade. O conceito também pode ser estendido para a área biomédica. Como a permissividade do músculo e tecido humanos é muito similar à permissividade da carne, uma aplicação potencial é uma antena usável para detectar tumores cancerígenos sob o músculo (RFID BEEFS UP, 2013).

Uma nova onda de avanço na computação ubíqua e na IoT está relacionada com o uso da nanotecnologia. Estão sendo propostos nanomateriais para desenvolver uma nova geração de nanocâmeras, nanophones e nanotransdutores acústicos que podem ser usados para gerar o conteúdo multimídia em nanoescala. Esses nanodispositivos vão superar as limitações dos dispositivos sensores multimídia atuais, proporcionando maior qualidade e capacidade de detecção de áudio, maior capacidade de armazenamento computacional e de dados, maior eficiência energética e taxas de dados de comunicação sem fio mais elevadas. A interligação de forma generalizada dos nanodispositivos de multimídia com redes de comunicações e, finalmente, com a internet define um sistema físico verdadeiramente cibernético que está sendo chamado como a internet de multimídia NanoCoisas (IoMNT). A IoMNT abre um campo inimaginável de aplicações em todas as áreas onde as coisas, os seres vivos e o ambiente estarão conectados de forma altamente complexa (JORNET; AKYILDIZ, 2012).

5 Informação, conhecimento e cognição

Na área da gestão da informação e do conhecimento, um tópico importante é garantir a disponibilidade, o acesso aberto e interoperabilidade dos dados relacionados com a agricultura bem como sua geoespacialização. Uma vez que dados relacionados à agricultura, e suas condições, estejam disponíveis de forma geoespacializada, vislumbra-se o cenário em que um agricultor posicionado em sua propriedade, e de posse de seu celular, possa ser geolocalizado obtendo informações que indiquem a melhor cultivar, condições de mercado e de produção para plantio em suas terras. Este agricultor pode estar localizado no Brasil, na América Latina ou na África, por exemplo.

Outra aplicação é a TeleAgricultura onde um agricultor localizado em uma região de difícil acesso pode se beneficiar de aplicações online que simulem e ensinem técnicas relacionadas ao plantio e manejo. Aliando à visão computacional e ao processamento de imagens, este mesmo agricultor pode, a partir de uma foto de uma folha com doença tirada de seu celular, obter o diagnóstico da doença e formas para seu tratamento. Na Austrália, por exemplo, a tendência de envelhecimento dos agricultores, a diminuição da força de trabalho rural, a necessidade de atrair e reter jovens agricultores, o crescimento no tamanho das propriedades e o crescimento de oportunidades comerciais internacionais sugerem a necessidade de investir em tecnologias que ajudem os agricultores a obter conhecimento da situação quando eles não têm condições para resolver os problemas sozinhos. Assim, a agricultura eletrônica tem o potencial de criar oportu-

tunidades de serviços virtuais em agronomia, pecuária, saúde, estoque e suporte de máquinas, onde os consultores de base regional fornecem serviços de análise e consultoria de gestão para os prestadores de serviço locais. Conectividade de banda larga entre as comunidades rurais e as principais cidades irá garantir que esses prestadores de serviços locais tenham acesso ao conhecimento. Tais serviços podem auxiliar as atividades de extensão rural que tradicionalmente prestam serviço de assistência no campo (TAYLOR et al., 2013). Além disto, um outro serviço importante está associado com a Telemedicina onde parte da atenção à saúde pode ser realizada remotamente por meio de informação e redes de comunicação. Graças ao progresso em comunicação e processamento de tecnologias de informação (sensores, biossensores, comunicação sem fio, web semântica, telefones inteligentes, consoles de jogos, entre outras), a saúde onipresente poderá em breve ser uma realidade, levando melhores condições de vida para a população rural (AGOULMINE et al., 2012).

Outra área que tem sido vista como aplicação futura é a de cognição, onde os computadores exibirão as capacidades sensoriais de tato, visão, audição e paladar e a capacidade de interpretá-los. Pela característica do tato pode-se utilizar o dispositivo móvel para sentir texturas pela superfície da tela, auxiliando, por exemplo, na escolha de materiais para embalagens. Pela visão, os sistemas não apenas conseguirão enxergar e reconhecer o conteúdo de imagens e dados visuais, como também transformarão os pixels em significado, sendo capazes de entendê-los. Pela foto de uma fruta pode-se interpretar se ela está pronta para o consumo. Um sistema distribuído de sensores inteligentes irá detectar elementos de som, como pressão, vibrações e ondas sonoras, em diferentes frequências. O computador interpretará esses dados para prever quando árvores cairão em uma floresta ou quando um deslizamento ou tempestade são iminentes. Este sistema analisará o ambiente e medirá movimentos para alertar de perigos futuros. Papilas gustativas digitais ajudarão as pessoas a comerem de forma mais inteligente, uma vez que ajudarão a detectar se a comida é saudável. Minúsculos sensores embutidos ao computador ou ao celular detectarão se um animal ou uma pessoa está prestes a desenvolver alguma doença. Ao analisar odores, biomarcadores e milhares de moléculas na respiração de um animal ou de pessoa poderá ser possível ajudar os sistemas cognitivos a diagnosticar e monitorar, desde o início, os problemas de saúde (CRIVELINI, 2013).

O volume de informação disponível está acelerando, uma vez que as atividades do mundo têm sido cada vez mais expressas de forma digital nesta era do Big Data. Não se trata apenas do aumento de volume, mas também da velocidade, da variedade e da incerteza. A maioria dos dados agora vêm em formas não estruturadas, como vídeos, imagens, símbolos e linguagem natural. Assim, um novo modelo de computação é necessário para processar esta informação e melhorar e ampliar o conhecimento dos seres humanos. Mais do que serem programados para antecipar cada possível resposta ou ação necessária para executar uma função ou um conjunto de tarefas, os sistemas de computação cognitivos são treinados, usando a inteligência artificial e algoritmos de aprendizado de máquina para detectar, prever, inferir e, de certa forma, pensar.

Rumo à computação cognitiva, a IBM, utilizando nanotecnologia, neurociência e supercomputação, anunciou o desenvolvimento do chip denominado SyNAPSE, inspirado na arquitetura do cérebro, visando à construção do computador neurosináptico. O computador neurosináptico é do tamanho de um selo e consome energia equivalente a uma bateria de um aparelho auditivo. Trata-se do primeiro chip de computador neurosináptico a atingir a escala de um milhão de neurônios programáveis, 256 milhões de sinapses programáveis e 46 bilhões de operações sinápticas por

segundo por watt. O chip de 5,4 bilhões de transistores é construído graças ao processo de nanotecnologia da Samsung numa escala de 28 nm. Estes sistemas podem processar eficientemente dados sensoriais de alta dimensão, mesmo com ruídos, em tempo real, enquanto consomem ordens de magnitude menos energia do que as arquiteturas de computadores convencionais (MODHA, 2014).

Ao contrário dos sistemas especialistas atuais que necessitam de um especialista humano para elaborar as regras a serem codificadas no sistema, os computadores cognitivos podem processar linguagem natural e dados não estruturados, e aprender pela experiência, da mesma forma que os humanos. Eles se tornarão os novos sistemas de apoio à decisão. Os sistemas de computação cognitivos irão utilizar imagem e reconhecimento de voz para compreender o mundo e interagir mais facilmente com os humanos. Usando análises visuais e técnicas de visualização de dados, computadores cognitivos podem exibir dados de uma forma visualmente atraente, para auxiliar a tomada de decisão, baseadas no enorme volume de dados (IBM RESEARCH, 2014). Suas aplicações incluem analisar dados referentes à modelagem de sistemas biológicos, sistemas complexos e toda a gama de informação que diariamente se torna online tornando praticamente impossível que os seres humanos interpretem todo este conhecimento sem auxílio da computação.

A transformação da informação codificada digitalmente em objetos sólidos, pelo uso das impressoras tridimensionais (3D), também promete revolucionar a área da manufatura, da medicina e das ciências da vida. Apesar de a maioria das impressoras 3D atuais serem usadas para prototipagem rápida de produtos, ou para a produção de moldes, o seu uso para fabricar produtos finais também já está ocorrendo. Este processo é conhecido como manufatura aditiva. Para uma pequena quantidade de produtos a serem manufaturados, a manufatura aditiva apresenta custo benefício melhor que montar uma linha de produção. Além disto, a impressão 3D permite a customização do produto em função das necessidades dos usuários (THREE-DIMENSIONAL PRINTING..., 2011).

Embora a manufatura aditiva em si já seja um avanço na área industrial, a tecnologia de bioimpressão 3D promete revolucionar ainda mais as áreas de medicina e biologia. As bioimpressoras 3D irão imprimir células e poderão ser utilizadas para impressão de órgãos. A empresa Organovo (<http://www.organovo.com/>) já tem criado tecidos de órgãos humanos para uso em testes laboratoriais. Para o futuro já se fala em bioimpressão 3D “in situ”, onde se espera desenvolver técnicas de impressão de tecidos direto no corpo humano. À medida que a bioimpressão 3D avance, poderá ser possível imprimir órgãos criados a partir das próprias células dos pacientes evitando, assim, o problema da rejeição. Junto com a evolução da nanotecnologia e da engenharia genética, a bioimpressão 3D é uma ferramenta poderosa para aqueles em busca de prolongamento da vida. Por meio destas ciências, os médicos, engenheiros e cientistas da computação estão, cada vez mais, aprendendo a manipular tecidos vivos em seu nível celular mais básico possibilitando aumentar cada vez mais o tempo e a qualidade de vida das pessoas (BARNATT, 2013).

6 Data science, computação quântica e neuromórfica

A Computação Ubíqua e Internet das Coisas, a miniaturização dos dispositivos até a escala nanométrica, os resultados dos sequenciamentos de genomas e as redes de sensores, dentre outras

aplicações da computação, têm gerado um volume cada vez maior de dados, com crescente variedade e velocidade de coleta, resultando no que se chama de Big Data.

Este acúmulo constante nos dados, resulta na possibilidade de construir ciência de uma outra forma: ao invés de construir teorias suportadas por exercício mental sobre teorias previamente estabelecidas, usando os dados simplesmente para validá-las, o aprendizado de máquina pode inverter este processo construtivo. Os dados em abundância e o processamento computacional massivo podem auxiliar na investigação científica (DHAR, 2013) dentro de um processo que tem sido chamado de “Data Science”, ou ciência dos dados.

No artigo escrito pelo editor da Wired Magazine, Chris Anderson (ANDERSON, 2008) discorre sobre o fim da teoria. Este artigo inicia com uma frase do estatístico inglês George Box que afirma que “todos os modelos estão errados, mas alguns são úteis”. Isto decorre do fato de que modelos são aproximações/simplificações de uma realidade que se deseja representar e, sendo simplificações, algum aspecto ficará de fora dos modelos teóricos.

Na era da inundação causada pela informação na escala do hexabite, os dados disponíveis para análise são tamanhos que é possível fazer inferências sobre eles antes mesmo de se possuir uma teoria que relacione causa-efeito. A análise matemática sobre os dados pode ser feita antes e a contextualização do que foi aprendido a posteriori. Exemplificando, o tradutor do Google, e o sistema computacional Watson da IBM, capaz de responder perguntas em linguagem natural, não entendem a semântica dos dados e o significado das perguntas do jogo de perguntas e respostas Jeopardy, transmitido pela televisão americana. Tudo é feito matematicamente por algoritmos de aprendizado de máquina que não compreendem a natureza dos dados que estão tratando. Apesar disto, as traduções estão melhores a cada dia e o Watson venceu seus concorrentes humanos no jogo Jeopardy.

Na construção científica aprende-se que não existe efeito sem causa e que a mera correlação matemática pode ser apenas coincidência. Entretanto, grande parte dos modelos sobre sistemas complexos como, por exemplo, os que envolvem interações sociais, economia e interações solo-planta-atmosfera são inerentemente incompletos. O que está por trás da escolha dos modelos resultantes do aprendizado de máquina pode ser sintetizado pela atualização que Peter Norvig, consagrado autor de livros sobre inteligência artificial, fez da frase de Box: “todos os modelos estão errados, e mais, você pode obter sucesso sem eles”.

Na física, o modelo newtoniano foi sucedido pelo einsteiniano que também não responde adequadamente às questões do mundo subatômico. Para tanto, estão sendo construídas teorias n-dimensionais para as quais são necessários aceleradores de partículas caríssimos capazes de comprová-las ou refutá-las à luz novamente de um modelo. Eis o porquê da preferência de um simples modelo preditivo, baseado na análise dos dados, em detrimento de uma teoria incompleta, já que este modelo também pode ser atualizado periodicamente.

A biologia também tem desafiado a teoria: as redes de interação gênicas entre o deoxyribonucleic acid (DNA) e o ambiente tem refutado o que parecia ser determinado apenas pelo DNA. Anderson comenta em seu artigo (ANDERSON, 2008) que Craig Venter, cientista pioneiro em biologia sintética, iniciou sequenciando organismos individuais e passou a sequenciar ecossistemas inteiros e, com isto, acabou por descobrir milhares de bactérias e outras formas de vida desconhecidas, tendo “avançado a biologia mais do que qualquer outro da sua geração”, e tudo o que ele usou foram algoritmos matemáticos.

Toda essa atividade científica, fortemente apoiada na computação, constitui uma enorme pressão no aumento do poder de processamento computacional que já começa a dar sinais de arrefecimento. Em 1965, o presidente da Intel, Gordon Moore, previu que a cada 18 meses a capacidade dos processadores duplicaria, o que se tornou conhecido como Lei de Moore. Ocorre que, ao se aproximar da escala atômica, previu-se também que esta ascensão não poderia ocorrer indefinidamente, tendo o seu fim previsto para 2020 (KURZWEIL, 2001; WIKIPEDIA, 2014a).

Várias soluções têm sido propostas para avançar neste limite. Em 2003, Phil Kuekes, cientista do laboratório de ciência quântica da HP obteve a patente de um chaveador “crossbar” que permite a construção de portas lógicas explorando junções em escala molecular entre nanofios que se cruzam perpendicularmente.

A computação quântica também pode auxiliar. Os computadores convencionais são construídos a partir de chips de silício que contêm milhões ou bilhões de transistores em miniatura. Cada um destes pode ser “ligado” ou “desligado” para representar um valor de qualquer um “1” ou “0”. Os computadores convencionais podem armazenar e processar dados usando “dígitos binários” ou “bits”. Em contraste, os computadores quânticos irão trabalhar com “bits quânticos” ou “qubits”. Estes são representados em hardware usando estados quânticos em vez de transistores que são transformados “on” ou “off”. Devido às leis peculiares da mecânica quântica, qubits individuais podem representar um valor de “1”, “0” ou ambos os números ao mesmo tempo. Isso ocorre porque as partículas subatômicas usadas como qubits podem existir em mais de um estado, ou uma superposição de estados, exatamente no mesmo ponto no tempo. Este fato permite que os computadores quânticos possam ser várias ordens de magnitude mais poderosos que os computadores digitais convencionais, possuindo o potencial para realizar processamento paralelo massivo. Isto significa que os computadores quânticos serão mais eficazes no desempenho de tarefas como reconhecimento de visão, diagnóstico médico e outras formas de processamento de inteligência artificial que dependam de atividades complexas de reconhecimento de padrões para além das capacidades de ambos os computadores tradicionais e seres humanos (BARNATT, 2012).

Outra possibilidade são os computadores neuromórficos (MONROE, 2014). Na computação tradicional, os dados são trazidos da memória, processados e armazenados novamente na memória, processo conhecido como arquitetura von Neumann. Nos computadores neuromórficos, dados e memória ficam juntos em um conjunto enorme de “neurônios primitivos”, cada um se comunicando com outros milhares de neurônios, imitando o que ocorre no cérebro. Como dados e processamento estão muito próximos, estes computadores são extremamente eficientes do ponto de vista energético. Correntemente, os computadores neuromórficos estão sendo desenvolvidos como parte do bilionário projeto europeu Human Brain Project primeiramente para compreender o funcionamento do cérebro e melhorar a tecnologia.

Além do aumento da demanda por processamento, tem-se também o aumento da capacidade de armazenamento, que também segue a Lei de Moore. Apenas para citar um exemplo, o Grande Colisor de Hádrons (LHC) do Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN) gera 30 petabytes de dados brutos por ano que necessitam ser analisados por um “grid” de computadores em rede que compreende 140 centros de computação distribuídos em 35 países.

A principal abordagem para a demanda maciça de processamento tem sido o processamento em grid e a computação paralela, porém a natureza das aplicações nem sempre permite a escolha destes modelos de processamento. Jacek Becla, do National Accelerator Laboratory nos Estados

Unidos comenta que, normalmente, na computação de alto desempenho tem-se poucos dados e pouca entrada e saída (I/O) destes dados, diferentemente do que ocorre na era do Big Data em que se tem que trabalhar com um trilhão de informações em memória, de uma só vez (WRIGHT, 2014).

A necessidade intensiva de transferir dados de entrada e saída para a memória tem-se revelado um desafio à construção de aplicações que explorem paralelismo, pois na maior parte do tempo o processador permanece em estado ocioso, à espera de que o dado seja obtido da memória, para que o processamento possa continuar. Isto significa que as aplicações devem ser construídas para transferir a maior quantidade de dados possível para trabalhar na memória e otimizar as aplicações para explorar o paralelismo neste cenário.

A capacitação necessária no currículo para os que trabalham com Big Data e Data Science é ampla, pois inclui computação distribuída, computação paralela, computação tolerante a falhas, estatística, especialmente a Bayesiana, conhecimento sobre correlação e causalidade, e habilidade para formulação de problemas que resultem em soluções efetivas (DHAR, 2013). O futuro para quem desenvolve aplicações voltadas para as ciências da vida e, em particular, para a agricultura é bastante promissor e desafiador. Certamente o que não ocorrerá será a monotonia.

7 Considerações finais

A ação sinérgica dos quatro campos científicos e tecnológicos, que apresentaram crescimento acelerado nas últimas décadas, como a NT, a BT as tecnologias de comunicação e informação e as ciências cognitivas (neurociência), tem sido intitulada Convergência Tecnológica. Algumas das possíveis aplicações práticas da nova Convergência Tecnológica residem na melhoria da saúde e da capacidade física humana considerando tópicos como nanobioprocessadores para a pesquisa e o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas, incluindo aquelas resultantes da bioinformática, da genômica e da proteômica; implantes de base nanotecnológica e biosistemas regenerativos para substituir órgãos humanos ou para monitoramento do bem-estar fisiológico; dispositivos em escala nanométrica para a intervenção médica, plataformas multimodais para aumentar a capacidade sensorial, em especial para os indivíduos com déficits visuais e auditivos; interfaces cérebro-cérebro ou cérebro-máquina; remoção das barreiras de comunicação determinadas por incapacidade física, pela diferença de línguas, pela distância geográfica e pelos diferentes níveis de conhecimento, levando, assim, a um aumento na efetividade e na eficiência da cooperação entre ambientes educacionais, corporativos, de governo e outros. Outras áreas de aplicação são a expansão da cognição e da comunicação humana, devendo-se atribuir alta prioridade aos esforços multidisciplinares que levam à compreensão da estrutura, das funções e do aprimoramento potencial da mente humana (CAVALHEIRO, 2007).

Dada a complexidade e heterogeneidade das tecnologias emergentes como as TIC, a nanotecnologia, a biotecnologia, a robótica e a agricultura de precisão, e suas aplicações na agroindústria, é natural que ainda não se tenha uma perspectiva sistemática, integrada e interdisciplinar entre elas. Em alguns campos bem instalados como a biotecnologia surgem, de tempos em tempos, novas técnicas que potencializam a capacidade de conhecer, modificar e conservar organismos de utilidade atual ou potencial. A Agro-Nanotecnologia, por sua vez, apresenta o desafio dobrado de ser um campo novo somado a várias questões de risco e de ética que começam a

ser discutidos. A expectativa é que estas áreas se integrem de forma multidisciplinar surgindo a ideia das NanoRoboTICs ou AgriNanoRoboTICs ou Metagenômica-Agricultura de Precisão (conforme discutido no âmbito do Programa Cooperativo para o Desenvolvimento Tecnológico Agroalimentar e Agroindustrial do Cone Sul - Procisur). Estas tecnologias emergentes trabalhando de forma sinérgica vão possibilitar otimizar os recursos humanos, o conhecimento e a capacidade de inovação para garantir o avanço da produção agrícola e do agronegócio. Tem se falado em sustentabilidade computacional uma vez que o uso das tecnologias emergentes na agricultura devem colaborar para garantir a sustentabilidade ambiental, a segurança alimentar e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida, bem estar e a saúde da humanidade.

A percepção do valor da inserção das TIC e NBIC para promover avanços na agricultura e na qualidade dos produtos ou serviços em oferta aos agricultores é interdependente. Sem agricultores que valorizam a inserção das TIC na agricultura, fazendo uso de seus serviços, não há como criar um mercado viável em torno delas. Sem um mercado viável, não tem como desenvolver um serviço de alta qualidade. E, na falta deste serviço, não há como facilitar a absorção das tecnologias. No “círculo dependência” da agricultura computacional, a demanda do mercado está intimamente ligada à qualidade dos produtos ou serviços oferecidos, que por sua vez influencia a demanda do mercado, bem como o nível de investimento no exterior, educação e infraestrutura, os quais alimentam o ciclo (TAYLOR et al., 2013). Além disto, os serviços disponíveis devem ter o potencial de possibilitar a comunicação em escala global considerando as diferenças de idiomas bem como a distribuição geográfica envolvendo todos os setores do agronegócio.

Por fim, uma questão que não pode deixar de ser abordada é que apesar das inúmeras contribuições do uso das TIC nas diversas áreas que atingem a população mundial, o seu uso de forma não racional tem preocupado as autoridades. As TIC, como indústria, também são responsáveis por impactos no meio ambiente. Atualmente, fala-se da TIC Verde onde a grande preocupação é a continuidade da oferta dos serviços de TIC respeitando o meio ambiente. Muitos provedores de processamento de dados e de hospedagem de serviços web, e de nuvem manipulam enormes quantidades de dados, softwares e servidores tanto para organizações quanto para indivíduos. Para prover este tipo de serviços, estas indústrias necessitam de um poderoso parque computacional. Um dos maiores impactos deste tipo de indústria está no consumo de energia e na dissipação de calor. Não é raro que os centros de dados, construídos atualmente, consumam mais energia do que a população da cidade onde eles estão localizados. Este fato tem forçado que os centros de dados se desloquem para locais onde a energia seja mais barata ou que os recursos naturais ajudem na dissipação de calor, como por exemplo, movendo-se para regiões geladas.

O impacto das TIC no clima terrestre e nos seus recursos em escassez é uma 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 Tecnologia da Informação (TI) contêm substâncias químicas tóxicas como mercúrio e chumbo muitos dos quais são lançados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de equipamentos de TIC obsoletos.

Pelo cenário descrito, é necessária uma colaboração séria entre tecnólogos, desenvolvedores, pesquisadores, consumidores e políticos para alcançar uma TIC verde e autossustentável. A falha em atacar estes problemas pode ser devastadora para o meio ambiente e vai acarretar que as contas com os gastos de energia consumam cada vez mais os investimentos em TIC. O

esforço de apenas um ramo não é suficiente para diminuir os gastos de energia em TIC e a sua pegada no meio ambiente. É necessário um esforço conjunto incluindo áreas multidisciplinares da indústria, pesquisa e sociedade. Neste processo, algumas iniciativas incluem: melhoramento da eficiência da infraestrutura de TIC utilizando recursos e equipamentos de baixo consumo; alocação eficiente de recursos de TIC para execução das tarefas utilizando técnicas como virtualização e computação autônoma; desenvolvimento de novas tecnologias, materiais e equipamentos de baixa voltagem; 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 TIC verde. Muitos fabricantes têm estabelecido políticas para recolhimento de seus produtos obsoletos tentando diminuir sua pegada no ambiente. Uma outra iniciativa é a diminuição das substâncias tóxicas como, por exemplo, o chumbo e o mercúrio em seus produtos (YOUSIF, 2009).

Este capítulo apresentou um levantamento das tendências das TIC incluindo os avanços nas áreas de computação, nanotecnologia e robótica que, aplicadas, em conjunto com a biologia, a gestão da informação e do conhecimento, a agricultura de precisão e a engenharia genética prometem alavancar o desenvolvimento nas cadeias produtivas agrícolas e melhorar as condições de vida do meio rural. O futuro é promissor. A capacidade humana em gerar novos conhecimentos é cada vez mais impulsionada por toda esta evolução tecnológica e a expectativa é de um horizonte onde todos estes avanços levem ao aumento da sustentabilidade ambiental, social e econômica da agricultura na América do Sul.

8 Referências

- AGOULMINE, N.; RAY, P.; WU, T. Efficient and cost-effective communications in ubiquitous healthcare: wireless sensors, devices and solutions. **IEEE Communications Magazine**, New York, v. 50, n. 5, p. 90-91, May, 2012.
- ALISSON, E. **Sensor identifica insetos pela frequência do batimento das asas**. São Paulo: Agência Fapesp, 2014. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/sensor_identifica_insetos_pela_frequencia_do_batimento_das_asas/1937/>. Acesso em: 15 set. 2014.
- ANDERSON, C. The end of theory: the data deluge makes the scientific method obsolete. **Wired Magazine**, San Francisco, June 2008. Disponível em: <http://archive.wired.com/science/discoveries/magazine/16-07/pb_theory>. Acesso em: 9 out. 2014.
- AUAT CHEEIN, F. A.; CARELLI, R. Agricultural Robotics: unmanned robotic service units in agricultural tasks. **Industrial Electronics Magazine**, New York, v. 7, n. 3, p.48-58, Sept. 2013. DOI: 10.1109/MIE.2013.2252957.
- BARNATT, C. **Bioprinting**: a future sharper's toolbox. 2013. Disponível em: <<http://www.explainingthefuture.com/bioprinting.html>>. Acesso em: 20 set. 2014.
- BARNATT, C. **Quantum computing**: a guide to computing. 2012. Disponível em: <<http://www.explainingcomputers.com/quantum.html>>. Acesso em: 19 set. 2014.
- BAUCKHAGE, C.; KERSTING, K.; SCHMIDT, A. Agriculture's technological makeover. **Pervasive Computing**, New York, v. 11, n. 2, p. 4-7, Apr./June 2012. DOI: 10.1109/MPRV.2012.25.
- BUCCI, E. M.; BUCCI, O. M.; SORRENTINO, R. Nanotechnology and life: an engineer's perspective [Point of View]. **Proceedings of the IEEE**, New York, v. 102, n. 6, p. 930-935, June 2014. DOI: 10.1109/JPROC.2014.2320315.

CAVALHEIRO, E. A. A nova convergência da ciência e da tecnologia. **Novos estudos CEBRAP**, São Paulo, n. 78, p. 23-30, jul. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/nec/n78/04>>. Acesso em: 21 set. 2014.

CRIVELINI, W. **Bancos de Dados & BI**: computação cognitiva explorando tato, olfato e paladar. [S.l.]: IBM DEVELOPERWORKS, 2013. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/ibmacademiccell/entry/computa_c3_a7_c3_a3o_cognitiva_explorando_tato_olfato_e_paladar?lang=en>. Acesso em: 21 set. 2014.

DHAR, V. Data science and prediction. **Communications of the ACM**, New York, v. 56, n. 12, p. 64-73, Dec. 2013. Doi:10.1145/2500499.

DRIVES & CONTROLS. **Technology can 'print' 3D sensors inside machinery**. 2014. Disponível em: <http://www.drivescontrols.com/news/fullstory.php/aid/4471/Technology_can__91print_92_3D_sensors_inside_machinery.html>. Acesso em: 28 ago. 2014.

HARRIS, A. Agricultural technology to feed the world. **Engineering & Technology Magazine**, v. 8, n. 10, não paginado, Oct. 2013. Disponível em: <<http://eandt.theiet.org/magazine/2013/10/feed-the-world.cfm>>. Acesso em: 28 ago. 2014.

HO, C.; CHEN, J. M. When worlds collide. **IEEE Nanotechnology Magazine**, New York, v. 1, n. 1, p.18-21, Sept. 2007.

IBM CORPORATION. IBM Announces \$3 billion research initiative to tackle chip grand challenges for cloud and big data systems. 2014. Disponível em: <<https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/44357.wss>>. Acesso em: 18 out. 2014.

IBM RESEARCH. Cognitive computing. Disponível em: <<http://www.research.ibm.com/cognitive-computing/index.shtml#fbid=njQjG3Ua-Iu>>. Acesso em: 20 out. 2014.

JORNET, J. M.; AKYILDIZ, I. F. The internet of multimedia nano-things in the Terahertz Band. In: EUROPEAN WIRELESS CONFERENCE, 18., Poznan, 2012. **Proceedings...** Poznań: Poznań University of Technology, 2012. p. 1-8, 18-20. <Disponível em: <http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/papers/2012/c4.pdf>>. Acesso em 20 out. 2014.

KIM, K.-H.; SHIM, W.; MOON, Y.-H.; KIM, K.-H.; SON, J.-K.; KWON, O.-J The structure of bio-information-nano technology convergence from firms' perspective. In PICMET, 2012, Vancouver. **Technology management for emerging technologies**: proceedings. New York: IEEE, 2012. p. 579-588. PICMET '12.

KURZWEIL, R. **The law of accelerating returns**. 2001. Disponível em: <<http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>>. Acesso em: 21 set. 2014.

LANXON, N. **Practical transhumanism**: five living cyborgs. 2014. Disponível em: <<http://www.wired.co.uk/news/archive/2012-09/04/cyborgs>>. Acesso em: 06 out. 2014.

LEE, M.; HWANG, J.; YOE, H. Agricultural production system based on IoT. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND ENGINEERING, 16., 2013, Sidney. **Proceedings...** New York: IEEE, p. 833-837, 2013. CSE 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6755306>>. Acesso em: 20 out. 2014. DOI 10.1109/CSE.2013.126.

LEHNER, W.; FETTWEIS, G. Paving the path for the future technology developments [includes 9 white papers]. In: IEEE TECHNOLOGY TIME MACHINE SYMPOSIUM, 2012, Dresden. **Proceedings...** New York, 2012. p. 1-38. DOI: 10.1109/TTM.2012.6509029.

MODHA, D. **Introducing a Brain-inspired computer**: TrueNorth's neurons to revolutionize system architecture. 2014. Disponível em: <<http://www.research.ibm.com/articles/brain-chip.shtml>>. Acesso em: 16 out. 2014.

MONROE, D. Neuromorphic Computing Gets Ready for the (Really) Big Time. **Communications of the ACM**, New York, v. 57, n. 6, p.13-15, June 2014. DOI: 10.1145/2601069.

MUNKITTRICK, K. When will we be transhuman? seven conditions for attaining transhumanism. **Discover Magazine**, July 2011. Disponível em: <<http://blogs.discovermagazine.com/sciencenotfiction/2011/07/16/when-will-we-be-transhuman-seven-conditions-for-attaining-transhumanism/>>. Acesso em: 12 out. 2014.

NANOCOMP TECHNOLOGIES. What are carbon nanotubes? 2014. Disponível em: <<http://www.nanocomptech.com/what-are-carbon-nanotubes>>. Acesso em: 21 out. 2014.

PETERSON, D. **University of Illinois creates robot farmers**. 2014. Disponível em: <http://www.eurekalert.org/pub_releases/2004-07/uoia-uoio70604.php>. Acesso em: 10 set. 2014.

RAI, M.; YADAV, A. Plants as potential synthesiser of precious metal nanoparticles: progress and prospects. **IET Nanobiotechnology**, Herts, v. 7, n. 3, p. 117-124, Sept. 2013. doi: 10.1049/iet-nbt.2012.0031.

REYNOL, F.; FREIRE, V. Nanotecnologia: no mundo das moléculas. **XXI Ciência para a Vida**, Brasília, DF, n. 6, p.12-27, 2014.

RFID BEEFS up. **Electronics Letters**, London, v. 49, n. 25, p.158, Dec. 2013. DOI: 10.1049/el.2013.3883. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6678438&isnumber=6678435>>. Acesso em: 20 out. 2014.

RODRIGUES, N. Inteligência artificial: da ficção para a realidade. **XXI Ciência para a Vida**, Brasília, DF, n. 6, p. 28-31, 2014.

ROBOT plants: putting down roots. New York: Alacra Store, 2013. Disponível em: <http://news.alacrastore.com/economist/Robot-plants-Putting-down-roots-EN_EN_MAIN_20130727T000000_0065>. Acesso em: 25 ago. 2014.

SANTOS, A. F. G. **Computação onipresente**: ficção ou realidade? 2011. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcb/entry/computacao_onipresente_ficcao_ou_realidade?lang=en>. Acesso em: 21 set. 2014.

SOLON, O. **The cyborg foundation**: we urge you to become part-machine. 2014. Disponível em: <<http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-10/30/cyborg-foundation>>. Acesso em: 6 out. 2014.

TAYLOR, K.; GRIFFITH, C.; LEFORT, L.; GAIRE, R.; COMPTON, M.; WARK, T.; LAMB, D.; FALZON, G.; TROTTER, M. Farming the Web of Things. **IEEE Intelligent Systems**, Los Alamitos, v. 28, n. 6, p. 12-19, Nov./Dec. 2013. DOI: 10.1109/MIS.2013.102. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6617630>>. Acesso em: 20 out. 2014.

THREE-DIMENSIONAL printing from digital designs will transform manufacturing and allow more people to start making things. In: 3D PRINTING The printed world, 2011. Disponível em: <<http://www.economist.com/node/18114221>>. Acesso em: 20 set. 2014.

WIKIPEDIA. Moore's Law. Wikipédia, the free encyclopedia. 2014a. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law>. Acesso em: 10 out. 2014.

WIKIPEDIA. **Computação Ubíqua**. 2014b. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Computação_ubíqua>. Acesso em: 5 set. 2014.

WRIGHT, A. Big data meets big science. **Communications of the ACM**, New York, v. 57, n. 7, p. 13-15, July 2014. DOI: 10.1145/2617660. Disponível em: <<http://cacm.acm.org/magazines/2014/7/176202-big-data-meets-big-science/fulltext>>. Acesso em: 20 out. 2014.

YOUSIF, M. Towards green ICT - keynote. **Ercim News**, France, n. 72, p. 3, Oct. 2009. Disponível em: <<http://ercim-news.ercim.eu/en79/keynote/664-keynote-towards-green-ict>>. Acesso em: 20 set. 2014.

ZAPPA, M. **15 Emerging agriculture technologies that will change the world**. May 2014. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/15-emerging-agriculture-technologies-2014-4>>. Acesso em: 5 set. 2014.