



TEC COGS

20

JUL./DEZ.
2019

REVISTA DIGITAL DE ISSN
TECNOLOGIAS COGNITIVAS 1984-3585

Agricultura digital

Programa de Pós-Graduação em
Tecnologias da Inteligência e Design Digital
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo



Expediente

TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 20, jul./dez. 2019, ISSN: 1984-3585
Programa de Pós-graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD),
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP)

Plano de Incentivo à Pesquisa



Esta edição foi viabilizada por verba do Plano de Incentivo à Pesquisa (PIPEq) da PUC-SP.

DIRETOR CIENTÍFICO

Prof. Dr. Winfried Nöth
PUC-SP

VICE-DIRETORA CIENTÍFICA

Profa. Dra. Lucia Santaella
PUC-SP

EDITOR DO NÚMERO

Prof. Dr. Alessandro Mancio de Camargo

EDITOR EXECUTIVO

Prof. Dr. Guilherme Cestari

REVISÃO DE TEXTO E NORMATIZAÇÃO

Fábio de Paula
Marcelo de Mattos Salgado

CAPA E PROJETO GRÁFICO

Clayton Policarpo
Guilherme Cestari

IMAGEM DA CAPA

Foto por Rod Long em Unsplash
Creative Commons ©

DIAGRAMAÇÃO E DIVULGAÇÃO ONLINE

Clayton Policarpo
Guilherme Cestari
Thiago Mittermayer

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Alex Primo
UFRGS

Prof. Dr. André Lemos
UFBA

Profa. Dra. Cláudia Giannetti
Barcelona

Profa. Dra. Clarisse Sieckenius de Souza
PUC-RIO

Profa. Dra. Diana Domingues
UnB FGA GAMA

Profa. Dra. Geane Alzamora
UFMG

Profa. Dra. Giselle Beiguelman
USP

Prof. Dr. João Teixeira
UFSCAR

Profa. Dra. Luiza Alonso
UnB

Profa. Dra. Maria Eunice Gonzales
UNESP-Marília

Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Gudwin
UNICAMP

Prof. Dr. Sidarta Ribeiro
UFRN

n. 20, jul./dez. 2019

Sumário

Editorial	5
Alessandro Mancio de Camargo	

ENTREVISTA

Entrevista com Maria Fernanda Moura	9
Alessandro Mancio de Camargo	

DOSSIÊ

Agricultura de precisão e agricultura digital	17
Luiz Henrique Bassoi, Ricardo Yassushi Inamasu, Alberto Carlos de Campos Bernardi, Carlos Manoel Pedro Vaz, Eduardo Antonio Speranza e Paulo Estevão Cruvinel	

ARTIGOS

Modos de troca cognitiva no campo	38
Alessandro Mancio de Camargo	

Agrometeorologia digital: as bases biofísicas para a revolução digital no campo	59
Felipe Gustavo Pilau e Fabio Ricardo Marin	

Demandas tecnológicas na agricultura urbana intensiva	77
Antonio Bliska Júnior, Flávia Maria de Mello Bliska e Wellington Mary	

Visão computacional na agricultura: APIs de detecção e reconhecimento de doenças das plantas	96
Dora Kaufman e Lenilson Lemos Vilas Boas	

O aumento do uso de tecnologia no agronegócio: uma análise sob a ótica da proteção de dados	113
Marcela Waksman Ejnisman, Carla do Couto Hellu Battilana e Tulio Belem de Andrade	

RESENHAS

Resenha dos livros: <i>Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura</i> , de Sílvia Massruhá <i>et al.</i> , e <i>Agricultura de precisão</i> , de Alberto Bernardi <i>et al.</i>	126
Guilherme Augusto Vieira	

Resenha do livro <i>Será a condição humana uma monstruosidade?</i> , de Adriano Messias	132
Gustavo Rick Amaral	

Editorial

Por Alessandro Mancio de Camargo¹

A edição 20 da revista TECCOGS discute a transformação digital no campo, cuja aceleração está em sintonia com aquilo que vem sendo chamado de a 4ª Revolução Industrial (4RI). Como destaque, em vez do uso da força e da inteligência humana fundamentais nas revoluções anteriores, a 4RI valoriza cada vez mais o volume, a variedade e a velocidade do fluxo das informações por meio de redes tecnológicas inteligentes, como as constituídas pela Internet das Coisas (IoT). De modo geral, esses desdobramentos são associados às paisagens urbanas ou industriais, mas durante os últimos 200 anos os métodos de produção industrial se tornaram o sustentáculo da agricultura, por meio da difusão de máquinas, implementos e insumos agrícolas. Quadro abordado no dossiê e demais artigos desta edição, por autores como Bassoi *et al.*, que exploram os avanços cognitivos provocados pela cultura digital no agrossistema.

Para traçar esse cenário, entrevistamos a pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Maria Fernanda Moura. Entre outros temas, a pesquisadora destaca a criação do Plano Nacional de Internet das Coisas no Brasil, que prioriza aplicações em quatro áreas, saúde, cidades, indústria e aplicações rurais. Especificamente sobre o AGRO, estimativas do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) dão conta que iniciativas relacionadas à agricultura digital podem movimentar até 2025, em seu potencial máximo, US\$ 21 bilhões em negócios, incluindo as áreas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).

Entretanto, segundo Moura, ainda há alguns desafios que precisam ser superados. Entre eles, questões relativas à expansão da conectividade no campo para permitir a troca eficaz de dados e informações entre os vários dispositivos. De forma prática, entre outros embaraços, isso pode retardar ou até mesmo comprometer a adoção plena de novas Interfaces de Programação de Aplicação (APIs), como as descritas por Kaufman e Vilas Boas no artigo “Visão computacional aplicada na agricultura”, e também o uso da modelagem para previsão de safras e identificação de fatores limitantes da produção em

¹ Doutor em Tecnologias da Inteligência e Design Digital pela PUC-SP.
CV Lattes: lattes.cnpq.br/9207103146261206. E-mail: almancio@uol.com.br.

função da variabilidade meteorológica ou mudança climática, conforme exposto no artigo “Agrometeorologia digital” de Pilau e Marin.

No aspecto legal, esta edição traz artigo de Ejnisman *et al.*, responsável pela área de Privacidade e Cybersecurity, Tecnologia da Informação e Propriedade Intelectual da TozziniFreire Advogados, que discute como o crescimento da produtividade no campo traz consigo uma preocupação necessária referente à produção massiva de dados. Isso afeta as relações jurídicas decorrentes do emprego de tecnologia no agronegócio, provocando interessantes discussões sobre a titularidade dos dados relacionados a estas atividades e consequências da implantação, prevista para agosto 2020, da Lei nº 13.709/2018 (Lei Geral de Proteção de Dados ou LGPD). Um tema cuja discussão segue marginal em toda sociedade brasileira, mas que o artigo aborda sobre um viés oportuno para reflexão dos agricultores e desenvolvedores de tecnologia digital.

Discussão regulatória, aliás, muito oportuna também ao pujante setor da Agricultura Urbana (AU), que faz uso intensivo de tecnologia digital e é grande gerador de dados. Isso pode ser verificado no artigo de Antonio Bliska Júnior, Flávia Maria de Mello Bliska e Wellington Mary. Eles proporcionam uma abrangente introdução sobre AU no mundo, incluindo um levantamento que mapeia a adoção pelo setor de níveis elevados de automação e controle ambiental (sensores, sistemas de análise informatizados), e indicam um futuro promissor para pesquisa e desenvolvimento da AU *indoor* em termos de tecnologias digitais (sensores, Inteligência Artificial).

Esses e os demais artigos que integram a edição 20 da revista TECCOGS apresentam o estado da arte das Tecnologias da Informação e da Comunicação no campo e da Agricultura de Precisão. Inovações que atuam no sentido de elevar os índices de produtividade, a eficácia no uso de insumos e de eliminar as barreiras existentes entre os universos físicos e digitais. Nesse sentido, até extinguem os impedimentos que limitavam o tipo de produção de alimentos pertinente às regiões rurais e/ou urbanas (como fica patente no artigo sobre AU). Discutem como a taxa de sucesso da implantação dessas inovações depende da universalização das lógicas relacionais baseadas na gestão de grandes quantidades de dados e da expansão da conectividade. Alertam como a cultura digital tem avançado de forma lenta no meio rural tanto no Brasil quanto em outros países, comparativamente aos demais setores econômicos como o segmento financeiro.

Resolver essa lacuna, relacionada à transferência de tecnologia no campo, tem sido uma preocupação constante de instituições como a Embrapa. Isso pode ser visto, por exemplo, nas publicações “gêmeas” *Tecnologias da Informação e Agricultura de Precisão*, ambas editadas pela Embrapa, que discutem os desdobramentos do que se tem de mais avançado em termos de tecnologia digital agrícola, conforme a resenha assinada por Guilherme Augusto Vieira. Preocupação que, além da Embrapa, estende-se às instituições públicas Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, APTA, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP-ESALQ), demais instituições privadas e autores representantes delas, cujos nomes seguem relacionados no decorrer das próximas páginas desta edição, e aos quais agradecemos a valiosa contribuição.

An aerial photograph of a vast agricultural landscape, showing a complex grid of fields and a prominent central road. The fields are divided into numerous small, irregular plots, some of which are covered with dark, possibly plastic or mulch, suggesting intensive farming practices. The overall scene is a dense, textured mosaic of different agricultural zones.

ENTREVISTA

Entrevista com Maria Fernanda Moura

Por Alessandro Mancio de Camargo¹

Bacharel em Estatística pela Universidade Estadual de Campinas (1987), mestre em engenharia de *software* pela Universidade Estadual de Campinas (1992) e doutora em Ciência da Computação pela Universidade de São Paulo (2009), Maria Fernanda Moura é pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária desde agosto de 1989. Nessa posição, a pesquisadora pôde vivenciar muito o desenvolvimento de *software* científico e de gerenciamento de *software* e de dados voltados para agricultura.

“Como essas áreas sempre exigiram análise de volumes crescentes de dados, transformando-os em informação útil ao público, fui me especializando em mineração de dados e textos”, explica Moura. “Atualmente, venho atuando nessa temática. Colaboro em projetos de pesquisa tais como a detecção e contagem de gado usando veículos aéreos não tripulados, a classificação da degradação de pastagens com uso de modelos de aprendizado de máquina ou a distribuição de água em outorga compartilhada com a otimização de modelos e acesso a dados. O fato de a Embrapa ter vislumbrado, há mais de 30 anos, a importância de ter uma Unidade *Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação* (PD&I) em tecnologia da informação para a agricultura me levou a trabalhar na empresa na qual estou há 32 anos.”

Maria Fernanda também está na posição de vice-presidente da SBIAgro (Associação Brasileira de Agroinformática), e de presidente da comissão organizadora do Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAgro 2019), que é o principal evento científico da área de Informática aplicada à Agricultura no Brasil. A 12ª edição do evento (11 a 14 de novembro de 2019, Fatec/Indaiatuba, SP) enfatizou o tema IoT (internet das coisas) na Agricultura. Além da Embrapa Informática Agropecuária e da Associação Brasileira de Agroinformática, o SBIAgro 2019 teve a organização da Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba (Fatec-Indaiatuba) e Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

¹ Doutor em Tecnologias da Inteligência e Design Digital pela PUC-SP.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/9207103146261206. E-mail: almancio@uol.com.br.

Entre outros assuntos, Maria Fernanda Moura aborda nesta entrevista:

- as particularidades da área multidisciplinar da agroinformática e da agricultura digital ou Agricultura 4.0
- a realização durante o SBIAgro 2019 do Conect@, um painel que discute a relação entre academia e mercado
- as oportunidades de estudo, pesquisa, trabalho para estudantes de pós-graduação que queiram empreender no setor do agronegócio.

A seguir, confira na íntegra a entrevista concedida por Maria Fernanda Moura à revista TECCOGS.

A.M.C.: A Sra. poderia nos explicar, por favor, o que é agroinformática, destacando, principalmente, aquilo que diferencia essa carreira e/ou profissão em relação aos desafios de profissionais da informática que atuam em outros setores, como indústria e saúde?

M.F.M.: A agroinformática é uma área multidisciplinar que coloca a ciência da computação a serviço de inovações em agricultura, apresentando-se como um campo fértil para o surgimento de novos modelos/algoritmos para o tratamento e gerenciamento de dados agrícolas, transformando-os em informação útil ao agricultor ou à pesquisa agropecuária. Dessa forma, pode-se simplificá-la como a computação científica necessária à automação e à modelagem agrícola, seja modelagem de conhecimento a partir de reconhecimento de padrões ou modelos matemáticos e de predição estatística. É uma área de enorme potencial tanto para a academia quanto para o desenvolvimento de tecnologias para o mercado. Por exemplo, hoje no Brasil, há três programas de mestrado em tecnologias computacionais para a agricultura — na Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UFTR), na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) — e apenas um programa com mestrado e doutorado, o da UEPG. Porém, há interesse de outras universidades em abrir pós-graduações específicas na área. Por exemplo, a SBIAgro está em contato com a Universidade Federal Rural de Pernambuco, que vem estudando colocar uma pós-graduação nessa área. A própria história da Embrapa Informática Agropecuária é um exemplo característico da área. Nasceu a partir do desenvolvimento de *software* científico, com uma equipe de analisadores de dados que também desen-

volviam *software* e foi moldando os projetos de PD&I de sua equipe conforme as demandas de agroinformática foram sendo ampliadas. Assim, hoje trabalhamos com projetos nas áreas de mudanças climáticas, zoneamento agroambiental, visão computacional e inteligência computacional para processo de decisão (em colheita, tratamento de doenças de plantas ou previsão de safra), bioinformática estrutural e projetos para melhoramento genético, todos intrinsecamente dedicados a problemas agrícolas nacionais. Na indústria e, especialmente, na área de saúde, também a computação científica tem sido responsável por muitas inovações. O aumento da capacidade de analisar dados por meio de algoritmos inteligentes tem permitido identificar clientes e nichos de mercado e de obter diagnósticos precisos. O que vem ocorrendo é uma mudança do perfil do profissional de computação na era dos dados. Este perfil precisa estar mais envolvido com o conhecimento da área de domínio e mais próximo aos analistas de dados e aos usuários das informações geradas que sempre apresentam novas e mais sofisticadas exigências, o que é verdade para a agricultura e todas as demais áreas de conhecimento.

A.M.C.: Ainda sobre a agroinformática, como ela se “encaixa” naquilo que hoje chamamos de agricultura digital?

M.F.M.: A agricultura digital, ou Agricultura 4.0, herdou esse nome da Indústria 4.0. Ela nada mais é do que a reunião de tecnologias digitais para otimizar as atividades agrícolas em todas as suas etapas. Lembrando que as tecnologias digitais estão cada vez mais aprimoradas por meio do aumento da capacidade de analisar dados, utilizando métodos de obtenção de resultados científicos por meio do uso de computação intensiva, paralela e grande volume de dados, passando por conectividade, sensoriamento remoto etc. A agroinformática apresenta as soluções de *software* (implementação de modelos computacionais por meio de algoritmos), ao passo que a agricultura digital envolve tanto o *software* como o desenvolvimento de *hardware*/instrumentos, tal como VANTS (veículos aéreos não tripulados), robôs, sensores etc.

A.M.C.: *Especificamente sobre a SBIAgro, poderia contar-nos mais sobre a história da sociedade, bem como seus propósitos, conquistas para os seus quadros e o setor do agronegócio (AGRO)?*

M.F.M.: A Associação Brasileira de Agroinformática, SBIAgro, foi criada em 1996 em Viçosa (MG) como resultado do I Seminário Internacional de Informatização da Agropecuária (Agrosoft 95), realizado em 1995 em Juiz de Fora (MG). Nessa época, foi identificada a necessidade de cunhar o termo agroinformática como representativo da área de computação científica aplicada à agricultura, que já representava áreas de pesquisa da Universidade Federal de Viçosa e da Politécnica da USP, além da Embrapa Informática Agropecuária, criada em 1985. Dessa forma, a contribuição aos quadros da SBIAgro sempre passou por essas três entidades, tendo gradualmente aumentado o número de instituições envolvidas. A SBIAgro teve várias contribuições para a área por meio da aproximação desses pesquisadores, sendo a principal a realização a cada dois anos do congresso, pois é o único evento científico que estabelece a ponte entre as áreas da ciência da computação e da agricultura. O Congresso da SBIAgro reúne uma equipe interdisciplinar coesa e ávida por inovação, além de também trazer soluções tecnológicas e empresas para o evento.

A.M.C.: *Um dos propósitos da realização do congresso SBIAgro é promover a inovação no setor. Como isso tem sido alcançado?*

M.F.M.: O Congresso da SBIAgro é o grande motivador da entidade, devido à chance de reunir os associados e discutir formas de inovar o setor tanto do ponto de vista acadêmico como tecnológico. Assim, além da qualidade dos trabalhos acadêmicos selecionados, que tem sido cada vez mais aprimorada, procuramos manter a relação entre academia, tecnologia e mercado viva nos congressos. Algumas edições contaram com feiras de equipamentos e *software*, outras com exposição de ferramentas de *software*. Em 2017, esse lado mercadológico passou a integrar o congresso por meio do evento Conect@ e de painéis propícios à discussão de tecnologias, meio acadêmico e mercado final. Em 2019, temos a Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba na organização do evento, o que já é um grande ganho de aproximação com um lado mais tecnológico, além da Embrapa como empresa de pesquisa e também geradora de tecnologia e a UEPG como academia. Além disso, destaca-se a segunda edição do Conect@, um painel que discute a relação entre a academia e o mercado.

Trata-se de um painel de conectividade com agricultores, pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia. Acreditamos que o fator para a melhoria da qualidade em tão poucas edições do evento deva-se justamente à interdisciplinaridade, que promove crescimento às áreas acadêmicas de ciência da computação e agricultura, bem como à produção tecnológica e aos benefícios sentidos no agronegócio.

A.M.C.: Cada vez mais, os startups estão à frente de diversas inovações no setor digital em geral. No AGRO ocorre a mesma coisa?

M.F.M.: Para essa questão, transcrevo a resposta preparada pela pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Luciana Alvim Santos Romani: “No AGRO não é diferente. Nos últimos quatro anos, o número de Agtechs, como são chamados os *startups* no setor, tiveram um expressivo crescimento. Alguns estudos indicam um número superior a 800 Agtechs no País, atuando em diversas áreas em agricultura. Os *startups*, por possuírem uma estrutura enxuta, geralmente formada por equipes jovens, conseguem ser mais ágeis e focadas em problemas específicos dos agricultores. Grandes empresas e associações, percebendo este potencial, têm criado programas específicos para incentivar Agtechs em todo o Brasil. Os programas *Pontes para Inovação* (pontesparainovacao.com.br), *Ideas for Milk* (ideasformilk.com.br) e *Inova Pork* (inovapork.com.br) da Embrapa são exemplos, além de iniciativas de grandes empresas do AGRO em Piracicaba, Londrina e na região Centro-Oeste. Dentro da temática de Agricultura Digital, a Embrapa Informática Agropecuária, em parceria com a *Venture Hub* e com apoio da Anprotec, também lançou, em junho de 2019, o seu programa de Aceleração de *Startups* chamado *TechStart AgroDigital* (venturehub.se/techstartad). O objetivo é ajudar Agtechs a acelerarem negócios e tecnologias para o agronegócio com a experiência da Embrapa em inovação tecnológica focada na geração de conhecimento e tecnologia para a agricultura.”

A.M.C.: *Levando em conta a resposta anterior, o que a Sra. indicaria como oportunidades (de estudo, pesquisa, profissional) para estudantes de pós-graduação que queiram empreender no setor AGRO?*

M.F.M.: Como pesquisas para estudantes de pós-graduação, a área oferece cada vez mais desafios. A questão de comunicação e o grande volume de dados levam a inovações e adaptações de modelos de previsão de safra, agroclimatológicos, seleção de produtos agrícolas e várias tomadas de decisão por meio de imagens, todos problemas para os quais são necessárias novas formas de solução. Logo, os estudantes interessados em investir no AGRO hoje, frente ao cenário da agricultura digital, devem investir nas áreas de interesse do nosso congresso, acompanhar os informes da SBIAgro e das universidades que já estão investindo nas pós-graduações. Pois observa-se na área de agroinformática uma crescente demanda por cursos técnicos e por projetos de graduação e pós-graduação.

A.M.C.: *Internet das coisas, Automação e Instrumentação, Agricultura de Precisão, Aplicações de Big Data fazem parte dos tópicos de interesse do SBIAgro 2019, cujo tema é “IoT na Agricultura, visão atual e futura”. Não por acaso, no dia 25 de junho foi publicado o decreto que cria o Plano Nacional de Internet das Coisas no Brasil, que prioriza aplicações em quatro áreas: saúde, cidades, indústria e aplicações rurais. Nesse contexto, qual a importância desse plano para a agricultura digital e, especificamente, qual é o estado da arte das pesquisas e conquistas do setor, principalmente para o agricultor brasileiro?*

M.F.M.: Para essa questão, transcrevo a resposta preparada pela pesquisadora e chefe-geral da Embrapa Informática Agropecuária, Sílvia Massruhá: “A Embrapa Informática Agropecuária avalia que o Plano Nacional de IoT vai ajudar a fomentar o mercado, possibilitando que várias soluções possam ser testadas e validadas. Consequentemente, serão geradas soluções mais adequadas ao mercado e às necessidades do setor. O plano pode ajudar o Brasil a ser referência em IoT na agricultura tropical. Em relação a isso, as pesquisas e aplicações em internet das coisas ainda estão amadurecendo no agronegócio. Existem várias iniciativas, muitas delas oriundas de empresas que oferecem soluções para agricultura de precisão e estão evoluindo para soluções de IoT que visam a desenvolver, mais a longo prazo, fazendas inteligentes e conectadas. O Banco Nacional

de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) estima que iniciativas que envolvem esse tipo de tecnologia podem alcançar, em seu potencial máximo, US\$ 21 bilhões no setor rural até 2025. Existem empresas que já vêm fornecendo sensores para análise de solos, chips para controle do bem-estar animal, colheitadeiras automáticas que estimam produtividade, imagens geradas por drones e satélites. Entretanto, ainda há alguns desafios como questões de conectividade no campo, que vão permitir a troca de dados e informações entre os vários dispositivos, e também questões regulatórias. Vencidos esses desafios, as soluções de IoT podem contribuir para melhorar o rendimento agrícola do produtor, auxiliando a reduzir os custos em todas as etapas de processo de produção agrícola, desde minimizar o uso de insumos e defensivos agrícolas a partir da análise de solos, contribuindo para um plantio mais inteligente, até uma irrigação inteligente e diminuição do desperdício de alimentos em toda a cadeia de suprimentos. Como empresa pública de pesquisa, a Embrapa deve atuar como um facilitador dentro do ecossistema de inovação, contribuindo para a interação entre grandes empresas e startups no sentido de fomentar esse mercado e dar mais oportunidade para o desenvolvimento do país.”

An aerial, high-angle photograph of a densely packed informal settlement. The majority of the buildings have roofs made of corrugated metal sheets, which are arranged in a grid-like pattern from above. The roofs vary in shades of grey and brown, suggesting different materials or weathering. Some buildings have small, irregular openings or structures on their roofs. The overall impression is one of a tightly packed, makeshift urban environment.

DOSSIÊ

Agricultura de precisão e agricultura digital

Luís Henrique Bassoi¹

Ricardo Yassushi Inamasu²

Alberto Carlos de Campos Bernardi³

Carlos Manoel Pedro Vaz⁴

Eduardo Antonio Speranza⁵

Paulo Estevão Cruvinel⁶

Resumo: Este artigo apresenta e discorre sobre os atributos da agricultura de precisão (AP) e da agricultura digital (AD), expondo as particularidades e sinergias de cada uma delas. Explica como a AP vem sendo empregada nos sistemas de produção vegetal e animal em vários países desde a década de 1990, com uma intensidade e abrangência em relação à área e aos tipos de sistemas de produção que a adotam e que evoluem gradualmente. A AP compreende o uso de procedimentos e de equipamentos, implementos e/ou sensores que avaliam a variabilidade espacial e temporal de atributos do solo, planta, animal ou clima, com o intuito de fornecer informações que subsidiam a tomada de decisão pelo produtor ou profissional quanto à realização de uma prática ou manejo agrícola de modo diferenciado ou variável. Em muitas das atividades realizadas dentro do contexto da AP, a coleta, o armazenamento, a análise e a transmissão de dados ou informações sobre solo, planta, animal ou clima de um específico sistema de produção agrícola, são realizadas por *hardwares* e *softwares*, os quais se enquadram dentro do contexto de AD. Muitos desses procedimentos também podem ser realizados com diferentes graus de automação, parcial ou total. Termos usualmente utilizados na produção vegetal e animal, como “tecnologias de informação e comunicação”, “conectividade”, “internet

1 Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos-sp.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/3724572927371418. E-mail: luis.bassoi@embrapa.br.

2 Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos-sp.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/1374198108224783. E-mail: ricardo.inamasu@embrapa.br.

3 Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos-sp.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/5588269274851789. E-mail: alberto.bernardi@embrapa.br.

4 Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos-sp.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/2178305101977911. E-mail: carlos.vaz@embrapa.br.

5 Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-sp.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/8378526334975196. E-mail: eduardo.speranza@embrapa.br.

6 Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos-sp.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/7924553462118511. E-mail: paulo.cruvinel@embrapa.br.

das coisas”, “nuvem”, “algoritmo”, “aplicativo”, “base de dados”, entre outros, podem estar relacionados entre si e com a AP e/ou com a AD. No Brasil, como em muitos outros países, a AP e a AD encontram-se em um processo dinâmico de discussão crítica, desenvolvimento, adaptação, validação e aplicação.

Palavras-chave: Tecnologias de Informação e Comunicação. Conectividade. Internet das Coisas. Nuvem. Algoritmo. Aplicativo. Base de Dados.

Precision farming and digital farming

Abstract: This paper presents and discusses the characteristics of precision agriculture (PA) and digital agriculture (DA), pointing out the peculiarities and synergies of each of them. It explains how several countries since the 1990s have used PA in their systems of plant and animal production in with an intensity and extent in relation to the area and types of production systems that has grown over the years. PA includes the use of procedures and equipment, tools, and/or sensors to evaluate the spatial and temporal variability of soil, plants, animals, or weather . The purpose of PA is to supply information to support decision making in differentiated or flexible ways for planters and other agricultural professionals managing agricultural business. In many PA activities, the collection, storage, analysis, and transmission of soil, plant, animal, or weather data relevant for a specific agricultural production system are performed by hardwares and softwares of DA. Many of these procedures can also be performed with different degrees of automation, either partially or fully. Terms commonly used in plant and animal production, such as information and communication technology, connectivity, internet of things, cloud, algorithm, application, Big Data, among others, can be related to each other as well as to PA and/or DA. In Brazil as well as in other countries, PA and DA are in a dynamic process of critical discussion, development, adaptation, validation, and application.

Keywords: Information and Communication Technologies. Connectivity. Internet of Things. Cloud. Algorithm. Application. Big Data.

Introdução: a agricultura do futuro

Atualmente, a inovação é o grande motor do desenvolvimento econômico e dos ganhos de produtividade e sustentabilidade. A capacidade de inovar é decisiva para a obtenção e manutenção da competitividade em um mercado global. Isso é particularmente verdade no setor agropecuário, no qual novas tecnologias têm proporcionado aumentos significativos de produtividade com sustentabilidade.

Com o advento da revolução verde, os sistemas de produção agropecuários sofreram grandes transformações com a introdução de novas tecnologias de fertilização, correção da acidez do solo, irrigação, uso de pesticidas, novas cultivares, mecanização e outras tecnologias (TILMAN *et al.*, 2002). Entretanto, para enfrentar o desafio de produzir alimentos de forma sustentável e atender às demandas crescentes da população, com previsão de crescimento de mais 2 bilhões até 2050,⁷ a agricultura do futuro necessita aumentar a produtividade, extraindo o máximo de valor de cada etapa do ciclo de produção. O processo de produção deve integrar conhecimentos agronômicos, grandes bases de dados agrícolas (*Big Data*), tecnologias inovadoras de sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas e robôs autônomos, *softwares* e plataformas em nuvens (em geral, a disponibilidade de recursos computacionais, especialmente armazenamento e processamento, que dispensa o gerenciamento ativo direto do usuário final).

Globalmente, mas especialmente no Brasil, os sistemas de produção agropecuários têm passado por mudanças que sinalizam para a redução da mão de obra e, ao mesmo tempo, para a intensificação de seu uso. Os dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) indicaram que 84,4% da população brasileira era urbana. A previsão é que em 2030 esse índice chegue a 91,1%. Esta redução da população rural tem levado a um grande impacto na disponibilidade e qualidade da mão de obra no campo. O estudo de Manyika *et al.* (2017) prevê que metade de todas as atividades hoje

⁷ Dados disponíveis em: un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html. Acesso em: 08 dez. 2019.

desempenhadas por trabalhadores poderão ser automatizadas até 2055. E, segundo esses autores, a revolução digital e a automação também ocorrerão na agricultura e em setores da produção de alimentos. Desta forma, o uso de automação, com máquinas, equipamentos, sensores e atuadores, será imprescindível para garantir a segurança alimentar no futuro, e essas mudanças trarão ganhos importantes em eficiência, auxiliando a agricultura a tornar-se uma atividade cada vez mais sustentável.

A agricultura de precisão (AP) é uma técnica de manejo que considera a variabilidade espacial e permite a aplicação sítio-específica de insumos, como fertilizantes, corretivos, pesticidas, sementes, água e outros. Considerando também a variabilidade temporal, a AP permite uma utilização mais racional dos insumos, no momento, local e dose corretos, com potencial de benefícios econômicos e ambientais (Ezenne *et al.* 2019). Sendo a AP um sistema de manejo e gestão da produção altamente dependente de dados e informações de campo (plantas, animais, solo, clima, máquinas etc.), georreferenciados, digitalizados e de alto fluxo, ela fornece uma base estrutural e conceitual para conectar os sistemas de produção agropecuários ao mundo digital, abrindo um canal de coleta e compartilhamento de dados a partir do campo.

Desde o surgimento do processo de georeferenciamento por receptores *Global Navigation Satellite System* (GNSS) e seu uso na AP há mais de 20 anos, ocorreram grandes avanços em termos de tecnologias de máquinas, equipamentos e sensores para o georeferenciamento e mapeamento da variabilidade espacial, aplicação de insumos a taxa variável e outras tecnologias embarcadas que contribuíram para o aumento da eficiência dos processos de plantio, pulverização, adubação, correção do solo e colheita. Isso já pode ser considerado como uma contribuição estimulada por demandas da AP.

O levantamento realizado pelo Grupo Kleffmann, com 992 produtores das regiões Sul, Centro-Oeste e do Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) indicaram a adoção de algum tipo de tecnologia de AP por 45% dos entrevistados, sendo que a aplicação de sementes, agroquímicos e fertilizantes à taxa variável foi de 13%, 14% e 26%, respectivamente. Entretanto, apenas 15% disseram utilizar a amostragem georreferenciada do solo para o mapeamento da fertilidade, que é a base para a aplicação à taxa variável de fertilizantes (MOLIN, 2017).

Os principais desafios da AP estão relacionados à dificuldade em se entender as principais causas que provocam variabilidades das características dos solos e das plantas, falta de recomendações agronômicas (curvas

de resposta) específicas para aplicação à taxa variável, alto custo das operações de mapeamento do solo em uma escala desejável, necessidade de aprimoramento das técnicas de sensoriamento remoto para aplicações à taxa variável, falta de procedimentos padronizados e carência de mão-de obra especializada em AP nos diversos níveis (equipes técnicas, consultores e pesquisa).

A automação no meio rural é uma realidade. Ela ocorre em todas as etapas dos sistemas de produção (preparo e plantio, colheita, tratamentos culturais, processamento etc.) visando o aumento da produtividade; otimização do uso do tempo, insumos e capital; redução de perdas na produção; aumento da qualidade dos produtos e melhoria da qualidade de vida do trabalhador rural. Entretanto, a introdução dos novos conceitos da AP e das ferramentas da era digital, com grande conectividade e integração de sensores e dados, tem gerado novas demandas tanto em termos de novos dispositivos como de integração de sistemas, de novos métodos e protocolos. Devido à complexidade dos processos de produção agropecuária, que inclui aspectos biológicos, ambientais e socioeconômicos, a automação constitui-se em uma fronteira com enorme oportunidade de avanço. Neste trabalho, são apresentados alguns conceitos e aplicações da AP e agricultura digital (AD), bem como novas oportunidades e desafios a serem atacados.

Agricultura de precisão

A agricultura de precisão (AP) pode ser definida como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação (TI) e ferramentas da mecanização e automação, considerando a variabilidade do espaço e do tempo sobre a produtividade das culturas. Ela pode ser entendida como um ciclo que se inicia na coleta dos dados, análises e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados (GEEBERS; ADAMCHUK, 2010). Dessa forma, a AP é uma ferramenta que auxilia os produtores na tomada de decisões gerenciais no manejo das culturas, levando em conta a variabilidade espacial e temporal da lavoura para obter máximo retorno econômico e reduzir o impacto ambiental (INAMASU *et al.*, 2011). É, portanto, uma cadeia de conhecimentos, na qual máquinas, dispositivos, equipamentos e *softwares* são ferramentas para a coleta de dados, os quais devem ser organizados e interpretados, gerando informações para apoiar a gestão (INAMASU; BERNARDI, 2014).

As ferramentas de AP têm sido utilizadas com maior frequência nas culturas de grãos, cana-de-açúcar, hortícolas, fruteiras e silvicultura (BERNARDI; INAMASU, 2014), porém têm grande potencial para utilização em todos os sistemas agropecuários, incluindo os sistemas integrados.

A automação é como um sistema no qual os processos operacionais de produção agrícola, pecuária e/ou florestal são monitorados, controlados e executados por meio de máquinas e ou dispositivos mecânicos, eletrônicos ou computacionais para ampliar a capacidade de trabalho humano (INAMASU *et al.*, 2016). A AP pode ser citada também como um caso de sucesso de emprego da automação. Muitos dispositivos utilizados na AP são equipamentos e máquinas agrícolas com grande utilização de eletrônica e sistemas digitais. Entre as tecnologias que fizeram com que a AP ganhasse visibilidade e fosse empregada, e ao mesmo tempo também fizeram o uso da automação de forma exitosa, estão os receptores GNSS, ou simplesmente *Global Positioning System* (GPS). A tecnologia foi inicialmente disponibilizada na década de 1980 para uso militar e, na década seguinte, surgiram as aplicações para o uso na agricultura. Ao ser instalado em máquinas para colheita, inicialmente de grãos, viabilizou-se a leitura da variabilidade espacial da produção. O primeiro mapa de produtividade, com base em um monitor de rendimento ligado ao GPS, foi produzido em 1990 na Alemanha, para uma lavoura de canola (SCHNUG *et al.*, 1991). O receptor GNSS em um formato mais básico fornece a cada segundo o valor da latitude e longitude do local em que esse equipamento se encontra. Essa coordenada geográfica, ao ser armazenada em arquivo com dados sincronizados com a leitura da produção fornecida por sensor da colhedora, permite a obtenção de um arquivo com a produtividade a cada ponto do campo, a qual é visualizada em um aplicativo na forma de mapa. Em resumo, é possível afirmar que a adoção da AP em uma propriedade rural faz com que o ciclo de produção possa ser gerido por conjuntos de dados georreferenciados em diferentes níveis, desde os que são coletados em campo, até os que são transformados em modelos inteligentes e posteriormente utilizados em intervenções espacialmente diferenciadas ou em taxas variadas de aplicação de insumos. É dessa transformação da agricultura convencional para uma agricultura mais precisa e inteligente, baseada em dados, que surgiram os conceitos de agricultura inteligente (AI) e agricultura digital (AD).

Agricultura digital

A literatura sobre agricultura inteligente (AI) ou *smart farm* (SF) é recente. O conceito e os termos associados à AI não chegaram a um consenso na literatura científica (WOLFERT *et al.*, 2017). Os rápidos desenvolvimentos na internet das coisas – *internet of things*, IoT (VERDUM *et al.*, 2016) – e a computação em nuvem estão impulsionando a AI (SUNDMAEKER *et al.*, 2016) ou AD. A base para o avanço neste setor envolve uma combinação de tecnologias da internet e tecnologias orientadas para o uso de objetos inteligentes (BRETTEL *et al.*, 2014; LIAO *et al.*, 2017). No entanto, de acordo com Wolfert *et al.* (2017) ainda não existe um conceito estabelecido para essas tecnologias na agricultura.

Mas se a AP considera a variabilidade no campo, a AI vai além, pois estabelece as ações de gerenciamento, não apenas com base na localização do campo, mas também nos dados armazenados, reforçada pelo contexto e da situação da lavoura, e ainda alimentado por dados coletados em tempo real (WOLFERT; SØRENSEN; GOENSE, 2014). Desta forma, existem interfaces e tecnologias que se sobrepõem e englobam ideias como AP e sistemas de informação de gestão na agricultura, que foram derivados da ideia do sistema de informação de gerenciamento da propriedade (*Farm Management Integrated System*, FMIS). O FMIS foi definido por Sørensen *et al.* (2010) como um sistema projetado para coletar, processar, armazenar e disseminar dados em um formato padronizado para executar operações e funções em propriedades rurais.

A AI incorpora as tecnologias de informação e comunicação em máquinas, equipamentos e sensores em sistemas de produção agrícola, e permite gerar um grande volume de dados e informações com inserção progressiva de automação no processo (PIVOTO *et al.*, 2017). Atualmente, as principais aplicações estão na Europa e América do Norte.

O uso de ferramentas de AI é possível devido aos sensores desenvolvidos para uso na agricultura. De acordo com Lehmann *et al.* (2012), um sensor é um dispositivo eletrotécnico que responde a um estímulo físico/químico de maneira específica, e que pode ser transformado em uma grandeza física ou um sinal, para fins de medição e/ou monitoramento por um instrumento.

A AD, devido ao aporte computacional disponível aos usuários, introduziu um novo nível de tecnologia, que inclui a robótica, sensoriamento remoto, geoprocessamento, tomada de decisão e processos estatísticos. Soma-se a isso, ainda, o surgimento da IoT, que permite que objetos se-

jam controlados remotamente por meio de uma rede, criando uma integração direta entre o mundo físico e os sistemas baseados em computador (LEHMANN *et al.*, 2012). A aplicação dos conceitos de IoT na área agrícola tem um grande potencial de crescimento, pois as tecnologias como Rede De Sensores Sem Fio (RSSF) e de identificação por frequência de rádio (*Radio Frequency Identification*, RFID) estão se tornando cada vez mais acessíveis e de baixo custo. E assim, surgem as chamadas fazendas inteligentes ou *smart farms* (KALOXYLOS *et al.*, 2012), nas quais o agricultor utiliza estas tecnologias, associadas à localização móvel e ao acompanhamento e monitoramento de objetos em tempo real.

A obtenção de dados e informações

Com a AD, cresceu muito a capacidade de aquisição de dados, que leva necessariamente à necessidade de organização (*data warehouse*) para visualização, processamento, análise e/ou disponibilização e tratamento desses dados. Queirós *et al.* (2014) recomendam que a integração de dados espaciais e temporais dos agroecossistemas seja tratada por padrões de representação e comunicação (agroXML, ISOBUS, entre outros) entre sistemas numa arquitetura computacional distribuída, como a arquitetura orientada a serviço (*Service-Oriented Architecture*, SOA). Devido à vasta quantidade de dados e informações obtidas, o processamento e análise em infraestruturas de alto desempenho computacional, como a computação em nuvens, *grid*, processamento paralelo, entre outros, são necessários para o desenvolvimento de um sistema de informação de gestão agrícola automatizado que seja robusto e confiável. Atualmente, as diversas fontes de dados coletados e metodologias de análise para geração de informação desenvolvidos por diversas instituições públicas e privadas têm sido compartilhadas, de maneira gratuita ou por meio de assinaturas cujos valores são calculados por requisições, em SOAs conhecidas como interfaces de programação de aplicações (*Application Programming Interface*, API). As APIs são conjuntos de definições de subrotinas, protocolos de comunicação e ferramentas para o desenvolvimento de *software*, com métodos de comunicação bem definidos entre vários componentes. Assim, os sistemas de gestão agrícola baseados em APIs têm se tornado plataformas digitais inteligentes, capazes de fornecer informações de qualidade e de alto valor agregado para o produtor rural.

Manejo das culturas

As aplicações de sensoriamento remoto na agricultura baseiam-se na interação de radiação eletromagnética com o solo ou a planta. Normalmente, o sensoriamento remoto envolve a medição de radiação refletida, em vez de transmitida ou absorvida. A detecção remota na agricultura refere-se às medidas sem contato das radiações refletidas, ou emitidas em áreas agrícolas, podendo ser feita por meio de satélites, aviões, veículos aéreos não tripulados e por sensores portáteis acoplados às máquinas agrícolas ou carregados pelo ser humano (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014). Medições feitas por sensores portáteis são conhecidos como sensoriamento proximal, especialmente se eles não envolvem medidas da radiação refletida (MULLA, 2013). Dados da refletância têm sido associados às características das plantas, por meio de combinações matemáticas, sendo tais transformações conhecidas como “índices de vegetação” (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014).

O índice de vegetação por diferença normalizada (*Normalized Difference Of Vegetation Index*, NDVI) ou o índice relativo de clorofila, que se relacionam com o teor de nitrogênio na folha, são exemplos de índices largamente utilizados na agricultura. Por meio de sensores portáteis que possibilitam a sua determinação, é possível manejar espacialmente a adubação nitrogenada, como nos casos reportados em milho por Hurtado *et al.* (2009) e em trigo por Bredemeier *et al.* (2013). Zonas homogêneas quanto ao vigor das plantas para a realização de práticas diferenciadas, como a colheita seletiva em videira de vinho, também podem ser determinadas por meio de índices de vegetação (COSTA *et al.*, 2018).

Manejo do solo

As propriedades do solo podem variar espacialmente dentro de um mesmo talhão até a escala regional em função de fatores intrínsecos, como os de formação do solo, e extrínsecos, como as práticas de manejo, adubação e rotação de culturas (CAMBARDELLA; KARLEN, 1999). Essas variações das propriedades do solo devem ser monitoradas e quantificadas para entender os efeitos do uso da terra e sistemas de gestão de solos. Por isso, atualmente, os levantamentos de solos têm um foco maior em modelagem quantitativa com o acompanhamento para fornecer informações que considerem a acurácia e incertezas (MCBRATNEY *et al.*, 2000). Estudos quantitativos em solos têm sido desenvolvidos na área da pedometria, que pode ser definida como o desenvolvimento de modelos numéricos ou estatísticos das relações entre variáveis ambientais e o solo, os quais são então aplicados a um banco de dados geográfico para criar um mapa preditivo (SCULL *et al.*, 2003).

O conhecimento da variabilidade espacial das propriedades químicas e físicas do solo é útil para a interpretação das zonas de manejo, mas também para o uso racional de insumos, como na aplicação de taxa variável de calcário e fertilizantes (BERNARDI *et al.*, 2015, 2016) e de água (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Existe grande variedade de sensores de solo, os quais utilizam princípios ópticos, eletromagnéticos, eletroquímicos, mecânicos, fluxo de ar e acústicos (ADAMCHUCK *et al.*, 2004). A maioria desses sensores fornece um sinal de saída, que pode ser influenciado por propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

As medidas de Condutividade Elétrica Aparente (CEa) têm sido muito utilizadas no mapeamento do solo, uma vez que integram frações granulométricas e disponibilidade de água, duas características do solo que afetam a produtividade, e pode auxiliar na interpretação das variações de rendimento das culturas (RABELLO *et al.*, 2014). Há trabalhos relacionando esta medida com a variabilidade espacial da produção das culturas (LUCCHIARI *et al.*, 2001). Oldoni *et al.* (2019) relacionaram maiores valores de CEa com maior vigor vegetativo e rendimento da videira de vinho irrigada por gotejamento. No Brasil, Machado *et al.* (2006) verificaram que os valores da CEa estavam relacionados com o teor de argila do solo e sua variabilidade espacial, tendo sido útil para o estabelecimento dos limites de zonas de manejo em lavoura de soja. A Figura 1 ilustra as diferenças na CEa dentro de um talhão de cultivo de cana-de-açúcar, indicando que há manchas de solo dentro desta área tratada de forma homogênea, e que deveriam ser consideradas na recomendação de herbicidas, corretivos e fertilizantes (VERRUMA *et al.*, 2017).

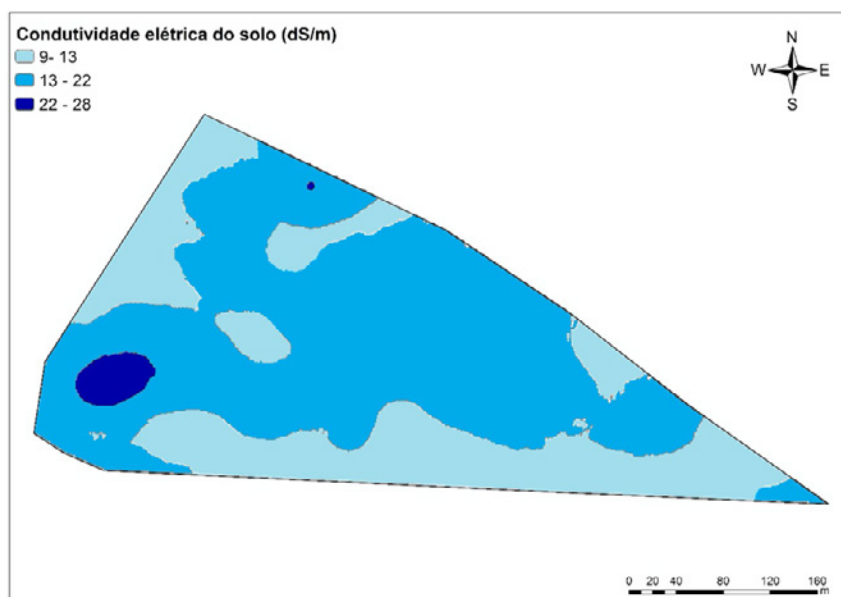


Figura 1. Mapa da condutividade elétrica do solo em talhão cultivado com cana-de-açúcar. Fonte: Adaptado de Verruma *et al.* (2017).

A contribuição das ferramentas de AP na sustentabilidade dos sistemas agropecuários vai além do mapeamento das necessidades de insumos, produção e extração de nutrientes. Podem também contribuir para o planejamento conservacionista, como mostraram Berry *et al.* (2003; 2005). Os autores demonstraram a conservação do solo e da água por meio da utilização de tecnologias espaciais integradas (GPS, sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas – SIG), que auxiliam na análise das relações espaciais e temporais para uma melhor compreensão do funcionamento destes sistemas. Dessa forma, seria possível selecionar as práticas de manejo que maximizem os rendimentos e qualidade das culturas, concomitantemente à otimização do uso de insumos, e às reduções nas perdas de solo e água das áreas agrícolas (DELGADO; BERRY, 2008). E isso pode ser alcançado a partir da determinação da altimetria, do estabelecimento dos fluxos de água e das áreas de risco de erosão.

Manejo da água

O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos físico-hídricos do solo pode contribuir para um manejo do solo e da água adequado a uma situação local, pois além da relação com a produtividade das culturas, eles estão relacionados com o escoamento superficial, infiltração, retenção e distribuição da água no solo.

A condutividade elétrica aparente e a densidade do solo, junto com a topografia (elevação do terreno), podem ser parâmetros de medida para a estimativa da variação espaço-temporal da água no solo, podendo ser utilizados para a definição de zonas de manejo com base na umidade armazenada no perfil do solo, uma vez que apresentam significativa correlação com a produtividade das culturas em condição de sequeiro (IBRAHIM; HUGGINS, 2011).

A irrigação é uma prática agrícola que minimiza as incertezas quanto à disponibilidade de água à cultura ao longo do ciclo de cultivo, o que pode contribuir para o aumento da produção em termos quantitativos e qualitativos. A variabilidade espacial da umidade do solo ocorre tanto no sentido horizontal como vertical, em decorrência dos inúmeros tamanhos das partículas do solo e dos seus arranjos, o que confere ao solo a variação de textura e de porosidade. Assim, os atributos do solo também auxiliam na escolha do sistema de irrigação a ser utilizado, na determinação do volume a ser aplicado e na frequência de aplicação de água por um sistema de irrigação.

A definição das zonas homogêneas com base nos atributos físico-hídricos do solo, para o monitoramento da umidade na camada de solo na qual o sistema radicular da cultura está presente, pode ser o primeiro passo para um posterior manejo diferenciado da água, de acordo com o sistema de irrigação em questão (NASCIMENTO *et al.*, 2014; OLDONI; BASSOI, 2016; OLDONI *et al.*, 2018). Em um pomar de videira de mesa irrigado por microaspersão, e com manejo diferenciado da irrigação com base na umidade em diferentes zonas de armazenamento de água na camada de solo de 0-0,40m, a aplicação de água durante o ciclo da cultura foi menor e maior nas zonas com maior e menor armazenamento, respectivamente (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Manejo de plantas invasoras, pragas e doenças

A aplicação de produtos químicos para o controle de plantas invasoras, pragas e doenças também pode se valer de procedimentos da AP para que haja uma melhor determinação do nível e da variabilidade espaço-temporal de infestação em uma área agrícola, bem como para a realização de aplicação do insumo em taxa variável, reduzindo a quantidade de produto químico aplicado, o que pode levar a uma maior eficácia e eficiência de sua aplicação.

Nesse sentido, Cruvinel, Karam e Beraldo (2014) descreveram o potencial da aplicação da visão computacional para o auxílio no controle de plantas invasoras por meio da aplicação de produtos químicos. Jorge e Inamasu (2014) apresentaram o potencial do uso de imagens multiespectrais, juntamente com ferramentas de SIG, para a detecção precoce do *greening* em citros, podendo tal procedimento ser aplicado a outras doenças. Santi *et al.* (2014) mostraram que o monitoramento georreferenciado de lagarta desfolhadora da soja é uma importante ferramenta de suporte ao manejo integrado de pragas, uma vez que a correlação entre a presença de lagartas e o rendimento de grãos foi baixa ou ausente, indicando que populações abaixo do nível de controle indicado não afetaram o rendimento da cultura. A Figura 2 ilustra as diferenças no % de ocupação da planta invasora *Bidens pilosa* dentro de um talhão de cultivo de milho, indicando que há manchas com diferentes ocupações, não sendo necessário o tratamento de forma homogênea, o que levaria a um consumo maior de herbicidas.

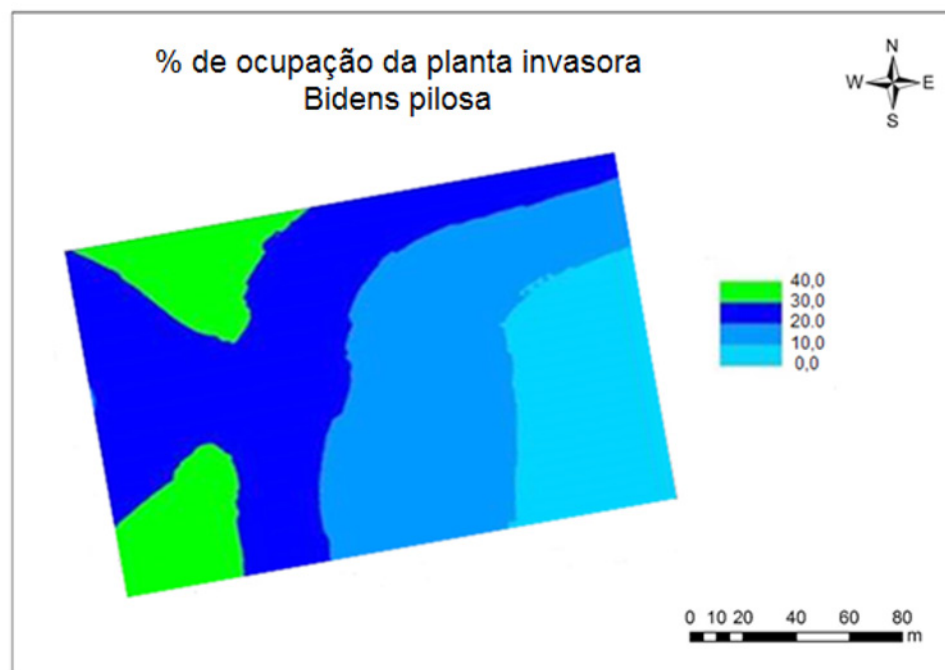


Figura 2. Mapa do % de ocupação da planta invasora *Bidens pilosa* em área de plantio de milho. Fonte: Cruvinel *et al.* (2015).

A análise dos dados

O uso da geoestatística na AP tem por objetivo caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo e das culturas e estimar as inter-relações desses atributos no espaço e no tempo. A partir dos modelos ajustados dos semivariogramas,⁸ interpola-se os dados pela técnica da krigagem,⁹ gerando vários mapas ou superfícies de informação (GREGO; OLIVEIRA, 2015). A modelagem via sistema de informações geográficas (SIG) possibilita a fusão dessas camadas de informações ampliando a capacidade de interpretação dos dados e auxiliando na tomada de decisão para a gestão do sistema de produção (FILIPPINI ALBA, 2014). Para a AP, o banco de dados de um SIG deve ser constituído por diferentes temas, em que cada tema represente dados espaciais georreferenciados das variáveis em estudo, como por exemplo, relevo, classes de solos, propriedades químicas e físicas, produtividade, ocorrência de pragas, doenças e plantas invasoras etc.

Mesmo em pequenas áreas, é possível a aplicação de ferramentas de SIG para o planejamento ambiental, como demonstrado por Schrammel e Gebler (2011), onde os dados históricos de produtividade da macieira em

⁸ Ferramenta utilizada para representar a continuidade espacial de uma função e, assim, descrever qualitativa e quantitativamente a variação espacial.

⁹ Método usado em geoestatística para aproximar ou interpolar dados.

cada talhão foram registados, considerando a heterogeneidade da propriedade agrícola.

O processo de análise de dados também envolve a utilização de ferramentas computacionais baseadas em inteligência artificial para que os dados coletados e pré-processados sejam transformados em informações úteis ao produtor. Ferramentas de aprendizado de máquina, como algoritmos de classificação supervisionada e não supervisionada, bem como ferramentas de aprendizado profundo, como as redes neurais convolucionais, podem ser utilizadas em diversas atividades de AP, tais como o delineamento de zonas de manejo (BAZZI *et al.*, 2013), classificação de culturas (HAUG; OSTERMANN, 2014), identificação de pragas e doenças (GRINBLAT *et al.*, 2016; CHENG *et al.*, 2017), geração de modelos de recomendação (GOLDSTEIN *et al.*, 2018), dentre outras. Essas ferramentas não estão normalmente disponíveis em SIGs e exigem conhecimento específico em *softwares* e bibliotecas de análise (por ex., R, Weka, Matlab) para que sejam utilizadas corretamente, a ponto de fornecerem informações confiáveis ao produtor.

A intervenção e alguns exemplos de aplicações

A aplicação de insumos à taxa variável tem sido a principal forma de uso das ferramentas de AP no manejo das culturas (BERNARDI; INAMASU, 2014). A Figura 3 mostra um mapa de recomendação de adubação fosfatada estabelecido a partir de amostras de solo georreferenciadas. Observa-se que a aplicação de fertilizantes sem considerar a variabilidade espacial pode levar a impactos ambientais e econômicos negativos e, dessa forma, comprometer a sustentabilidade do sistema de produção agropecuário (SANTOS *et al.*, 2017; BERNARDI *et al.*, 2016).

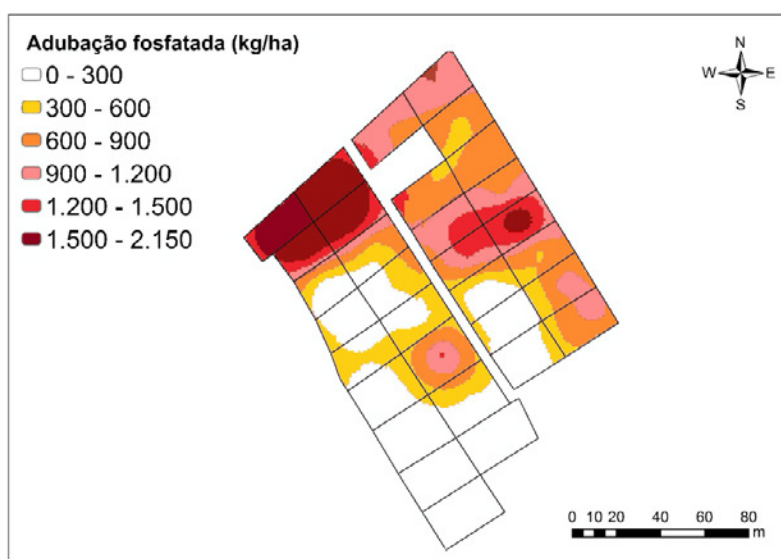


Figura 3. Mapa de recomendação de adubação fosfatada.
Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2017).

Desafios e oportunidades

A tendência atual de elevação dos custos de produção, redução da mão-de-obra, aumento das exigências dos mercados por alimentos mais seguros, mudanças climáticas, conservação dos recursos naturais e contaminação ambiental são fatores que têm contribuído para a intensificação do desenvolvimento da automação e da agricultura de precisão.

Este cenário tem exigido a implementação de novas práticas agrícolas, cada vez mais multidisciplinares, nas quais a automação e a agricultura de precisão são elementos chaves. No entanto, para que haja uma maior contribuição com a sustentabilidade da produção agropecuária, será necessário que as máquinas e equipamentos tornem-se mais adequadas aos produtores, e que haja capacitação para que os técnicos, produtores e prestadores de serviços adotem as novas tecnologias disponíveis.

Referências

- ADAMCHUK, V. I. *et al.* On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 44, p. 71-91, 2004.
- BAZZI, C. L., *et al.* Management zones definition using soil chemical and physical attributes in a soybean area. *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 5, p. 952-964, 2013.
- BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M.; FERREIRA, R. P.; SANTOS, K. E. L.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Spatial variability of soil properties and yield of a grazed alfalfa pasture in Brazil. *Precision Agriculture*, v. 17, p. 737-752, 2016.
- BERNARDI, A. C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (org.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 559-577.
- BERNARDI, A. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014. 596 p.
- BERNARDI, A. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília v. 32, n. 1/2, p. 205-221, 2015.
- BERRY, J. K.; DELGADO, J. A.; PIERCE, F. J.; KHOSLA, R. Precision conservation for environmental sustainability. *Journal of Soil and Water Conservation*, n. 58, v. 6, p. 332-339, 2003.

- BERRY, J. K.; DELGADO, J. A.; PIERCE, F. J.; KHOSLA, R. Applying spatial analysis for precision conservation across the landscape. *Journal of Soil and Water Conservation*, n. 60, v. 6, p. 363-370, 2005.
- BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. *Ciência Rural*, v. 43, n. 7, p. 1147-1154, 2013.
- BRETTEL, M. *et al.* How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective. *International Journal of Mechanical Engineering and Applications*, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.
- CAMBARDELLA, C. A.; KARLEN, D. L. Spatial analysis of soil fertility parameters. *Precision Agriculture*, v. 1, p. 5-14, 1999.
- CHENG, X. *et al.* Pest identification via deep residual learning in complex background. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 141, p. 351-356, 2017.
- COSTA, B. R. S. *et al.* Delimitação de zonas homogêneas em vinhedo por meio de análise geoestatística e multivariada de diferentes índices de vegetação. In: *Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão*, 2018, Curitiba. Construção dos dados na era da digitalização agrícola. Curitiba: AsBraAP, 2018. p. 45-51.
- CRUVINEL, P. E.; KARAM, D.; BERALDO, J. M. G. Agricultura, precisão e manejo de plantas invasoras na cultura do milho. In: BERNARDI, A. C. C. *et al.* (org.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014., v. 1, p. 135-156.
- CRUVINEL, P. E.; KARAM, D.; BERALDO, J. M. G. Method for the precision application of herbicides in the controlling of weed species into a culture of maize. In: VII SINTAG, Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação, 14 a 16 de setembro – Uberlândia/MG, pp. 4, 2015.
- EZENNE, G. I. *et al.* Current and potential capabilities of UAS for crop water productivity in precision agriculture. *Agricultural Water Management*, v. 218, p. 158-164, 2019.
- DELGADO, J. A., BERRY, J. K. Advances in precision conservation. *Advances in Agronomy*, n. 98, p. 1-44, 2008.

- FILIPPINI ALBA, J. M. Modelagem SIG em agricultura de precisão: conceitos, revisão e aplicações. *In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (org.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.* Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 84-95.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. *Science*, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010.
- GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. Conceitos básicos da Geoestatística. *In: OLIVEIRA, R. P.; GREGO, C. R.; BRANDAO, Z. N. (org.). Geoestatística aplicada na agricultura de precisão utilizando o Vesper.* Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 41-62.
- HAUG, S.; OSTERMANN, J. A crop/weed field image dataset for the evaluation of computer vision based precision agriculture tasks. *In: European Conference on Computer Vision.* Springer, Cham, 2014. p. 105-116.
- HURTADO, S. M. C. *et al.* Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 3, p. 300-309, 2009.
- IBRAHIM, H. M.; HUGGINS, D. R. Spatio-temporal patterns of soil water storage under dryland agriculture at the watershed scale. *Journal of Hydrology*, n. 404 p. 186-197, 2011.
- INAMASU, R. Y. *et al.* *Portfólio automação agrícola, pecuária e florestal.* São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2016. 14 p. (Embrapa Instrumentação. Documentos, 60).
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de precisão. *In: BERNARDI, A. C. C. et al. (org.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.* Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-33.
- INAMASU, R. Y. *et al.* Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. *In: INAMASU, R.Y. et al. (org.). Agricultura de precisão: um novo olhar.* São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 14-26.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2010.* Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2010. Disponível em: ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010. Acesso em: 12 set. 2019.
- GOLDSTEIN, A. *et al.* Applying machine learning on sensor data for irrigation recommendations: revealing the agronomist's tacit knowledge. *Precision agriculture*, v. 19, n. 3, p. 421-444, 2018.

- GRINBLAT, G. L. *et al.* Deep learning for plant identification using vein morphological patterns. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 127, p. 418-424, 2016.
- JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. Detecção do greening dos citrus por imagens multiespectrais. In: BERNARDI, A. C. C. *et al.* (org.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 180-190.
- KALOXYLOS, A. *et al.* Farm management systems and the Future Internet era. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 89, p. 130-144, 2012.
- KITCHEN, N. R. Emerging technologies for real-time and integrated agriculture decisions. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 61, p. 1-3, 2008.
- LEHMANN, R. J.; REICHE, R.; SCHIEFER, G. Future internet and the agri-food sector: state-of-the-art in literature and research. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 89, p. 158-174, 2012.
- LIAO, Y.; DESCHAMPS, F.; LOURES, E. D. F. R.; RAMOS, L. F. P. Past, present and future of industry 4.0 – A systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 2017.
- LUCHIARI JUNIOR, A. *et al.* (org.). *Agricultura de precisão: um novo olhar*. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 60-64.
- MACHADO, P. L. O. A. *et al.* Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, p. 1023-1031, 2006.
- MANYIKA, J. *et al.* *A future that works: Automation, employment, and productivity*. McKinsey Global Institute, New York. 2017. Disponível em: mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works. Acesso em: 12 set. 2019.
- MCBRATNEY, A. *et al.* An overview of pedometric techniques for use in soil survey. *Geoderma*, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.
- MCBRATNEY, A. *et al.* Future directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, v. 6, p. 7-23, 2005.
- MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão: números do mercado brasileiro. *Agricultura de Precisão - Boletim Técnico* 03, ESALQ/USP, Piracicaba, 2017, 7p.
- MULLA, D. J. Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, v. 114, p. 358-371, 2013.

- NASCIMENTO, P. S. ; BASSOI, L. H.; SILVA, J. A.; COSTA, B. R. S. Zonas homogêneas de atributos do solo para o manejo de irrigação em pomar de videira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 1101-1113, 2014.
- NUMATA, I. *et al.* Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, v. 109, p. 314-327, 2007.
- OLDONI, H.; BASSOI, L. H. Delineation of irrigation management zones in a Quartzipsamment of the Brazilian semiarid region. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 51, p. 1283-1294, 2016.
- OLDONI, H. *et al.* Apparent soil electrical conductivity as a guidance for canopy management in vineyards. In: *5th Global Workshop on Proximal Soil Sensing*, 2019, Columbia. PSS 2019. Columbia: USDA ARS / University of Missouri, 2019. p. 105-110.
- OLDONI, H. *et al.* Delineamento de zonas de manejo de irrigação em vinhedo com base na granulometria do solo. In: *Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão*, 2018, Curitiba. Construção dos dados na era da digitalização agrícola. Curitiba: AsBraAP, 2018. p. 52-58.
- PIVOTO, D. *et al.* Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*, 2017.
- QUEIRÓS, L. R. *et al.* Análise das possibilidades e tendências do uso das tecnologias da informação e comunicação em agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C. (org.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 97-108.
- RABELLO, L. M.; BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Condutividade elétrica aparente do solo. In: BERNARDI, A. C. C. *et al.* (org.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 48-57.
- SANTI, A. L. *et al.* Distribuição espaço-temporal de lagartas desfolhadoras e sua correlação com o rendimento de grãos na cultura da soja. In: BERNARDI, A. C. C. *et al.* (org.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 260-266.
- SANTOS, K. E. L. *et al.* Geoestatística e geoprocessamento na tomada de decisão do uso de insumos em uma pastagem. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 11, n. 3, p. 294-307, 2017.

SCHRAMMEL, B. M.; GEBLER, L. Utilização de ferramentas do SIG para agricultura de precisão no planejamento ambiental de uma pequena propriedade rural produtora de maçãs. *In: INAMASU, R. Y. et al. (org.). Agricultura de Precisão: Um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011, p. 222-226.*

SCULL, P.; FRANKLIN, J.; CHADWICK, O. A.; MCARTHUR, D. Predictive soil mapping: a review. *Progress in Physical Geography*, v. 27, p. 171-197, 2003.

SHIRATSUCHI, L. S. *et al.* Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. *In: BERNARDI, A. C. C. et al. (org.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. p. 58-73.*

SØRENSEN, C. G. *et al.* Conceptual model of a future farm management information system. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 72, n. 1, p. 37-47, 2010.

SUNDMAEKER, H. *et al.* Internet of food and farm 2020. *In: VERMESAN, O., FRIESS, P. (org.). Digitising the industry: internet of things connecting physical, digital and virtual worlds. Gistrups: River Publishers, 2016. p. 129-151.*

TILMAN, D. *et al.* Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, v. 418, p. 671-677, 2002.

VERRUMA, A. A. *et al.* Soil and weed occurrence mapping and estimates of sugarcane production cost. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 11, n. 1, p. 68-78, 2017.

WOLFERT, J.; SØRENSEN, C. G.; GOENSE, D. A future internet collaboration platform for safe and healthy food from farm to fork. *Annual SRII Global Conference, 2014. Proceedings... San Jose, CA, USA: SRII p. 266-273, 2014.*

WOLFERT, S., *et al.* Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 69-80, 2017.

An aerial, top-down view of a large-scale textile manufacturing facility. The image shows a dense grid of rectangular drying racks or looms, each filled with long, narrow strips of fabric. The fabric strips are arranged in neat, parallel rows, creating a complex, repetitive pattern across the entire scene. The overall color palette is muted, consisting of various shades of grey, brown, and beige, which emphasizes the textures and geometric forms of the industrial setting. The perspective is from directly above, providing a clear view of the layout and scale of the operation.

ARTIGOS

Modos de troca cognitiva no campo

Alessandro Mancio de Camargo¹

Resumo: Este artigo discute como no agrossistema a sustentabilidade deveria se aproximar da equitatividade (distribuição justa do rendimento) em vez de ser um preposto da produtividade no campo. Para isso, o trabalho aponta a oportunidade de aproveitar a emergência da agricultura digital para aproximar o agrossistema de diferentes modos de troca, tais como a Tecnologia de Registro Distribuído (DLT, na sigla em inglês). Essa iniciativa pode organizar e gerenciar o agrossistema integrando diversos interesses da condição humana e dos ecossistemas, os quais podem operar em consonância com os novos modelos de negócios e plataformas digitais.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Equitatividade. Agrossistema digital.

Modes of cognitive exchange in the field

Abstract: The paper discusses how sustainability in agriculture could approach equitability (fair distribution of yield) rather than being a proxy for productivity in the field. To achieve this goal, the paper discusses the opportunity to take advantage of the emergence of digital agriculture to bring the ag system closer to different modes of exchange in the field, such as DLT — Distributed Ledger Technology. This initiative allows the organization and management of the ag system integrating various concerns of the human condition and ecosystems, which can operate in line with new business models and digital platforms.

Keywords: Sustainability. Equitability. Digital Ag System.

¹ Doutor em Tecnologias da Inteligência e Design Digital pela PUC-SP.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/9207103146261206. E-mail: almancio@uol.com.br.

Introdução

O futuro da agricultura e os impactos das mudanças climáticas na Terra requerem uma maior atenção à integração da agricultura digital ao ecossistema. Aproximar esses elementos por meio do desenvolvimento de arranjos inovadores pode ser uma oportunidade interessante para nortear ações relacionadas ao agrossistema. Em outras palavras, promover arranjos agrícolas que ampliem a geração de renda, a continuidade da agricultura familiar por meio do comércio justo, do cumprimento dos principais objetivos propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU-BR, 2015) em torno da Agenda 2030: consumo e produção responsáveis, ação contra a mudança global do clima, paz, justiça e instituições eficazes. Isso representa diversas possibilidades para a continuidade no campo da internet das coisas (IoT), da agricultura de precisão (AP), das tecnologias da informação e da comunicação aplicadas à agricultura (AgroTIC), no sentido de orientar trocas mais sustentáveis com as pessoas, a economia e os processos biogeoquímicos.

Diante desse quadro, este artigo chama a atenção para que a ruptura com processos e linguagens milenares praticados na agricultura não traga sérios prejuízos sociais e econômicos num momento de emergência das inovações digitais tais como as descritas nos demais artigos que compõem esta edição número 20 da revista TECCOGS. Desse modo, este artigo defende que a agricultura digital não pode romper completamente com os paradigmas anteriores praticados no campo, calcados em técnicas tácitas e informais de comunicação boca-a-boca. Além disso, levantam-se evidências de que a sustentabilidade não é o parâmetro mais adequado ou único a ser considerado para medir o desempenho do agrossistema digital.

Corroboram essa visão exemplificações empíricas aqui apresentadas, que apontam como os agricultores continuam a valorizar, no século XXI, a confiança, a transparência e a livre troca de conhecimentos tecnológicos entre si — fato já indicado por Ryan e Gross (1950), em uma pesquisa seminal da área de sociologia rural. Nesse sentido, enfatiza-se que tecnologias emergentes, por exemplo, DLT (*Distributed Ledger Tech-*

nology) — mais conhecida como *blockchain* — poderiam incluir nos seus algoritmos uma programação que contemplasse também os interesses da condição humana e dos ecossistemas — antes de dar forma racional à fertilidade e à produtividade das culturas vegetais e à criação animal.

Expulsão ecossistêmica

A vinculação do agrossistema à sustentabilidade não é novidade. O tratado latino *rerum rusticarum*, escrito por Marcus Terentius Varro no ano 37 a.C., já descrevia a linguagem agrícola e defendia que a atividade rural “é uma ciência que nos ensina que culturas devem ser plantadas em cada tipo de solo, e que operações devem ser feitas para a terra produzir os rendimentos mais altos perpetuamente” (CONWAY, 2003, p. 193). Desenvolver a agricultura em consórcio com todos os elementos que constituem o ecossistema é, portanto, uma opção antiga e inteligente. Ligada ao fato de que sem o ecossistema (até 2019, pelo menos) não haveria agrossistema possível.

Para Conway (2003), criador do conceito de agricultura sustentável, porém, a perpetuidade do campo não é superior às demais diretrizes que movem o agrossistema, como a estabilidade e a equitatividade. A Tabela 1 traz uma compilação dos principais parâmetros do agrossistema, cuja escolha entre os “recursos internos e externos” à agricultura — tais como biotecnologia, código digital da informática, mão de obra, água, solo, sementes, logística, consumidores — deve levar em conta o equilíbrio entre os principais indicadores citados (CONWAY, 2003, p. 204). Na prática, isso não ocorre. Há uma maior propensão em privilegiar a produtividade em detrimento dos demais indicadores de desempenho.

Indicador	Descrição	Exemplo
Produtividade	Rendimento do produto valorizado por unidade de investimento.	Retorno superior do cultivo vegetal, como milho, medido pelo número crescente de sacas colhidas por hectare, rendimento da safra, qualidade das espigas etc.
Estabilidade	Constância da produtividade frente às oscilações e ciclos normais do meio ambiente.	Variabilidade da produtividade, em função de desafios climáticos e problemas sanitários.
Sustentabilidade	Capacidade de o agrossistema manter a produtividade de forma estável e equitativa mesmo durante situações de desafio.	Resistência ao ataque de doenças, pragas, variações climáticas acentuadas (como El Niño), empobrecimento nutritivo do solo etc.
Equitatividade	Regularidade e justeza na distribuição produtiva do agrossistema levando em conta os beneficiários.	Rendimentos salariais proporcionalmente equivalentes entre pequenos, médios e grandes produtores agrícolas, por exemplo.

Tabela 1. Compilação dos principais indicadores de desempenho do agrossistema, conforme informações obtidas de Conway (2003, p. 205-208).

No século XXI, em que se assiste à evolução da última das seis eras culturais descritas por Santaella (2003) — digital; precedida pela oralidade, escrita, impressa, de massas, das mídias —, o aspecto informativo passa ser mais valorizado pela cultura e pelas novas linguagens, tais como o *machine learning* (aprendizado das máquinas). Retrospectivamente, no entanto, cabe lembrar que as previsões feitas em 1955 sobre a ascensão da cultura digital e, conseqüentemente, de uma inteligência entendida como artificial ou IA (MITCHAM; HUNING, 1986), ainda estão em processo. A atenção para o tema foi despertada pelo lançamento em 2014 do livro *The Second Machine Age* (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2014). Os autores compartilham a visão de que inovações digitais têm o condão de ampliar a produtividade e criar riqueza ao mesmo tempo em que destroem fundamentos da economia, como a geração de empregos.

Mas essas tecnologias digitais, que fazem parte da chamada tecnosfera (HAFF, 2013; 2014), não são perniciosas só para baixa geração de empregos segundo Sassen (2016). “Algumas formas de conhecimento e inteligência que respeitamos e admiramos”, tais como legislações e estruturas que favorecem o fortalecimento de redes e plataformas de negócios transnacionais, “estão na origem de longas cadeias de transação que podem terminar em simples expulsões” (SASSEN, 2016, p. 9). Como ocorre com parte de “3,5 milhões de agricultores familiares” da Indonésia que, em benefício de conglomerados industriais, teve confiscado pelo governo local o direito de uso de suas terras para plantações de palmeiras que abastecem mundialmente a produção industrial de óleo de palma, matéria-prima fundamental para fabricação de alimentos processados (SASSEN, 2016, p. 134). Além de ampliar a competitividade entre as populações de desempregados e a economia dos diversos países, a autora alerta que a associação das novas tecnologias aos interesses econômico-financeiros também tem favorecido a poluição irreversível de ecossistemas inteiros, como ocorrido no rompimento da barragem de rejeitos da mineradora Samarco, em 2015, no distrito de Bento Rodrigues, em Mariana (MG).

Desse modo, as expulsões ecossistêmicas descritas por Sassen (2016, p. 13) favorecem a emergência de “novas lógicas organizadoras”. Em outras palavras, dinâmicas relacionais emergentes, desconhecidas até o advento das novas tecnologias digitais, tendem a ampliar a competitividade não apenas entre as populações desempregadas, porém até entre as condições físicas e elementos orgânicos e inorgânicos do ecossistema devido à crise ambiental que provocam — vide o acúmulo de “terra e água mortas” (ibid., p. 179), como as resultantes do rompimento da barragem

de rejeitos da Samarco, com potencial para inviabilizar o agrossistema e levar à extinção de várias espécies na região. Para Sassen (2016, p. 11), a destruição do ecossistema e a expulsão das famílias das suas propriedades rurais refletem as restrições impostas a elas por não deter “instrumentos” e até “instituições, sistemas e técnicas complexas, que requerem conhecimento especializado e formatos organizacionais intrincados” para participar dos modos de troca que movem a tecnosfera — o sistema tecnológico do Antropoceno² (HAFF, 2013; 2014).

Nesse quadro, competitividade, expulsão ecossistêmica e centralização da tomada de decisão economicamente relevante são características marcantes dos modos de troca cognitiva da cultura digital. Segundo a lógica organizadora descrita por Sassen (2016), os expulsos do ecossistema (humanos, outras espécies animais, elementos orgânicos e inorgânicos) também deixam de ser contabilizados nas estatísticas econômico-financeiras conforme a condição improdutiva deles. Traços definidores da condição de abandono verificados nas diversas populações expulsas (agricultores familiares da Indonésia, por exemplo) e no *status* de terra e água mortas assumido pelo ecossistema de Bento Rodrigues (MG), sufocado pela lama arrancada do solo pela Samarco. Considera-se correta essa formulação proposta pela autora. Cabe ressaltar que mudanças climáticas provocadas por novas lógicas organizadoras, entretanto, também alcançam igualmente potencial para rebaixar o *status* da economia mundial ou expulsar populações economicamente ativas, conforme ocorrido no curso de dez anos da *Dust Bowl*, tempestades de areia que, na década de 1930, afetaram o Centro-Oeste dos Estados Unidos (CAMARGO, 2017a).

Mudanças climáticas

Embora Sassen (2016, p. 12) informe “que usamos a biosfera e causamos danos localizados há milênios”, a autora frisa que “somente nos últimos trinta anos esses danos se tornaram tão grandes que se transformaram num acontecimento planetário”. Em retrospectiva, porém, cabe lembrar que desde a emergência da 3ª Revolução Agrícola, no século xx, já se observavam processos acelerados de expulsão e competitividade no campo. É o que se verificou no início da expansão das fronteiras agrícolas nos Estados Unidos (EUA), em torno de 1910, incentivada pelo uso inten-

2 Corresponde à complexa interferência humana na Terra que já deixou uma marca geológica no planeta identificada pelo período chamado de Antropoceno, cuja descrição e origem foram discutidas durante o 35th International Geological Congress em 2016.

so de tratores e pela desmedida valorização da produtividade. Essa prática provocou a chamada *Dust Bowl* (CAMARGO, 2017a), “cuia de pó”, numa tradução livre, um sintoma da incapacidade da tecnosfera em cuidar sozinha de seus rejeitos (HAFF, 2013; 2014).

A *Dust Bowl* é um fenômeno climático caracterizado por tempestades de areia que, a partir de 1930, afetou por dez anos as planícies altas do meio oeste dos EUA (Texas, Oklahoma, Kansas) e multiplicou os efeitos econômicos e sociais da Grande Depressão norte-americana, ao deixar na miséria cerca de 20% dos agricultores da região (WORSTER, 2004; CAMARGO, 2017a). Naquela época, a difusão agrícola de novas tecnologias e práticas insustentáveis, como o disseminado desflorestamento e, concomitantemente, o uso de máquinas e implementos agrícolas no solo, foi arrasadora para o Centro-Oeste dos EUA, já comprometido pelo clima seco característico daquela região. Grosso modo, calcula-se que uma área de cerca de 405 mil quilômetros quadrados, equivalente a cerca de 10% da floresta amazônica, sofreu os impactos do fenômeno *Dust Bowl*.

A *Dust Bowl* foi o momento mais sombrio da vida no século xx nas planícies altas do meio oeste dos Estados Unidos. O nome sugere um lugar – uma região cujas fronteiras são tão inexatas como uma duna de areia e que o poeta e jornalista norte-americano Walt Whitman (1819-1892) chamou de paisagem característica da América do Norte. Mas também foi um evento de significado nacional, até mesmo planetário. Uma autoridade mundial amplamente respeitada em segurança alimentar, George Borgstrom (1912-1990), cientista, geógrafo e ecologista que lecionou por muitos anos na Universidade Estadual de Michigan e editou mais de trinta livros sobre as dificuldades em fornecer alimentos para uma população mundial em constante expansão, classificou a *Dust Bowl* como um dos três piores erros ecológicos da história. Os outros dois são o desflorestamento das terras altas da China por volta de 3000 a.C., que produziu séculos de assoreamento e inundação, e a destruição da vegetação mediterrânea pelo gado, que deixou terras outrora férteis erodidas e empobrecidas. Ao contrário de qualquer um desses eventos, no entanto, a *Dust Bowl* levou cerca de meio século para ocorrer. Não se pode culpar o analfabetismo, a superpopulação ou a desordem social. Isso aconteceu porque a cultura estava operando exatamente como deveria. Os americanos abriram caminho através de um continente ricamente dotado, com uma eficiência devastadora e implacável, inigualável por qualquer pessoa em qualquer lugar. Quando os homens brancos vieram para as planícies, eles falaram expansivamente sobre “rebentar” e “quebrar” a terra. E foi exatamente o que eles fizeram. Algumas catástrofes ambientais são o trabalho da natureza, outras são os efeitos lentamente acumuladores da ignorância ou da pobreza. A *Dust Bowl*, em contraste, foi o resultado inevitável de uma cultura que deliberadamente, autoconscientemente, colocou-se essa tarefa de dominar e explorar a terra para tudo o que era. (WORSTER, 2004, p. 4)

Numa área já comprometida por mudanças climáticas como o *El Niño*, a *Dust Bowl* foi gerada, como se nota na citação, por práticas inadequadas de manejo do solo que desprezaram conhecimentos agrícolas sustentáveis divulgados desde antes do início da Era Cristã, conforme ensinam os “tratados latinos” de agricultura já mencionados (CONWAY, 2003, p. 193). As novas tecnologias, assim, apresentaram-se como mais revolucionárias para expansão da produtividade no campo do que os conhecimentos milenares sobre a perenidade do solo. Uma nova lógica relacional e organizadora, cuja força foi rapidamente incorporada pela ativa economia agrária da região Centro-Oeste dos EUA a partir do início do século XX. O cartão de visitas dessa ordem imaginada eram os tratores, que já pareciam verdadeiras locomotivas, pesavam várias toneladas e rasgavam o solo, “rebentando” a terra, por meio de arados formados por vários discos de até 1,8 metro cada (WORSTER, 2004; CAMARGO, 2017a).

Para difundir o uso das novas tecnologias no campo, a empresa *John Deere*, entre 1927 e 1957, publicou 28 edições de um manual sobre operação, manutenção e reparo de máquinas agrícolas (DEERE, 1935). Distribuído às escolas rurais, a publicação técnica almejava expandir para o campo novos e mais eficientes conhecimentos relativos à abertura de leitos para sementes, fertilidade do solo, uso de energia e equipamentos nas fazendas, tais como grades de discos, arados, plantadores de milho e tratores. Nesse sentido, a 9ª edição do manual Deere (1935, p. 1 e 90–91) explica que “o leito de sementes deve ser espaçoso” e que, para isso, é preciso “desmembrar torrões de terra” do solo de forma a deixar uma cobertura superficial fina para o plantio ou para o crescimento das plantas.

As consequências danosas de ações de extensão rural como as disseminadas pelo manual Deere (1935) foram catastróficas. Não bastassem as intermináveis tempestades de areia que se espalharam por até 27 estados norte-americanos em 1934, a população, especialmente a infantil, sofreu ainda com severas doenças respiratórias (WORSTER, 2004; CAMARGO, 2017a). Além disso, parte das pessoas atingidas tanto no campo quanto nas cidades tiveram de viver longos períodos sem o contato com a luz do sol. Somente em 1935, calcula-se que cerca de 850 milhões de toneladas de terra e restos vegetais encobriram os céus daquela região e adjacências. Isso levou o presidente Franklin D. Roosevelt a criar um plano de reflorestamento das planícies altas dos EUA e a incentivar as técnicas de plantação em curvas de nível para evitar a erosão do solo e reciclá-lo. Os fabricantes de implementos agrícolas também implantaram melhorias em suas máquinas, como tratores com cabines fechadas para enfrentar

a poeira. Originalmente, as planícies altas do meio oeste dos EUA tinham uma vegetação que resistia à seca, segurava a umidade do solo e aplacava os efeitos dos ventos, mesmo nos períodos do *El Niño*. Práticas agrícolas insustentáveis, mas fiéis à difusão da chamada revolução agrícola no século passado, influenciaram o comportamento ecossistêmico a responder com a *Dust Bowl*.

Lógicas relacionais

De acordo com pesquisas desenvolvidas por Nobre (2016), ainda há uma janela de oportunidade para evitar a organização de lógicas competitivas globais destrutivas como a *Dust Bowl*. Ou seja, situações que levam a expulsões ecossistêmicas tanto de humanos quanto de outras espécies orgânicas e inorgânicas (SASSEN, 2016). No caso descrito por Nobre (2016), o aspecto a ser superado são os desafios impostos pelas queimadas e destruição da Floresta Amazônica. Nobre (2016) alerta que, ao atingir um patamar de desmatamento entre 20% e 25%, a degradação ecológica na região alcançará um ponto irreversível.

Para evitar esse risco, Nobre (2016) propõe uma combinação entre os conhecimentos humanos tradicionais dos nativos da Floresta Amazônica, o potencial dos recursos biológicos da mata e os avanços tecnológicos digitais a fim de desenvolver produtos, serviços e plataformas de alto valor, alinhados aos propósitos econômico-financeiros que movem as inovações digitais. Mas a estratégia de integrar diferentes formas de conhecimento físicos e digitais não é um processo fácil; pois, para dar certo, é mandatória a formulação de uma cognição distribuída³, cujo modo de troca seja estabelecido de maneira imparcial e descentralizado entre os diversos interesses envolvidos. Além disso, uma lógica relacional como a que acaba de ser descrita difere muito do viés de confirmação construído em torno da tecnosfera, no qual se estabelecem e fortalecem redes de interesse comuns. De fato, o paradigma associado às redes tecnológicas digitais já atribui até aos humanos um papel secundário na Terra. Conforme o *script* dos partidários da primazia da tecnosfera, caberia ao ser humano

³ Conforme o sentido proposto por Jansen e Vellema (2011), abordado mais à frente nesse artigo e que é tratado de forma mais abrangente em Camargo (2018). Para linha de pesquisa inaugural sobre cognição distribuída sugere-se consultar: HUTCHINS, Edwin. *Cognition in the wild*. Massachusetts: MIT Press, 1996.

suportar as funcionalidades da tecnosfera, por exemplo, mantendo um emprego, reproduzindo, sendo suficientemente sociável para ajudar a sustentar uma rede humana de conhecimento e cooperação, pagando impostos e apoiando atividades como educação, sem os quais os esforços da tecnologia acabariam por se desmoronar. (HAFF, 2014, p. 133)

O paradigma em voga pelos partidários da primazia da tecnosfera reserva um papel ainda mais secundário ao ecossistema, visto como um depósito de suprimentos necessários à manutenção das redes tecnológicas. Então, ao sistema tecnológico do Antropoceno caberia extrair “energia de alta qualidade do ambiente” para “trabalhar com essa energia a fim de sustentar a sua própria existência e”, também, “de suas partes, incluindo os humanos” (ibid.). Esse raciocínio aponta para a necessidade de se buscar uma alternativa mais cooperativa do que competitiva para os possíveis modos de troca entre humanos, tecnologia e ecossistema. Situação na qual o aprendizado possa ocorrer sem um controle central e tenha seus processos distribuídos em grupos de tarefas ou em redes amplas de grupos de tarefas.

Para muitos casos estudados, verifica-se que a capacidade cognitiva é distribuída entre vários indivíduos e instrumentos. [Um estudo] sobre o processo de navegação de “mar e âncora” [também conhecido como âncora de deriva e que é indicado para estabilizar uma embarcação durante uma tempestade com o auxílio de instrumentos], adotado por navio de guerra dos Estados Unidos, retrata uma equipe que sabe como realizar algo [no caso, estabilizar o barco na tempestade], embora cada membro da equipe saiba apenas como fazer a sua parte para atingir o objetivo. No entanto, mesmo que nenhuma pessoa tenha um quadro geral em mente do que está ocorrendo, o navio avança com segurança [em meio a tempestade]. Essa noção de cognição distribuída pode ser observada em muitas configurações sociotécnicas. [...]. A noção de cognição distribuída sugere que a aprendizagem não supervisionada, na qual não há controle central do que a rede aprende, também pode ocorrer. Isso desafia a ideia convencional da cognição individual. Memória e conhecimento (por exemplo, padrões de categorização) são propriedades distribuídas em vez de propriedades de agentes individuais [...]. Isso implica uma mudança de foco da aprendizagem pelos indivíduos para a aprendizagem por configurações de atores. (JANSEN; VELLEMA, 2011, p. 172)

Esses autores indicam, assim como proposto por Nobre (2016), uma alternativa interessante para que diferentes modos de troca cognitiva integrem os conhecimentos humanos tradicionais, as condições oferecidas pelo ecossistema e os avanços tecnológicos. Uma exemplificação disso na agricultura é como “agricultores no Mali plantam painço e sorgo”, duas espécies de gramíneas, “em um campo e decidem apenas no

meio da estação, dependendo da precipitação, qual delas eliminar. Parece até mais apropriado conceituar essas práticas como ajustes sequenciais” em vez de dizer que seguem um plano de ação ou um planejamento intencional para as variáveis do ecossistema, uma vez que “fundamentam a capacidade dos agricultores de se adaptar a condições imprevisíveis e mutáveis. Em vez de analisar como as circunstâncias sociais e materiais determinam os cursos da ação, observa-se” o que o ecossistema tem “disponível para eles” (JANSEN; VELLEMA, 2011, p. 171). Outro exemplo disso é o jardim doméstico Javanês, no qual 56 espécies diferentes, até de animais como peixes e aves domésticas, juntam-se a plantas úteis e “são cultivadas em intrincadas relações umas com as outras” em pequenos terrenos (CONWAY, 2003, p. 208-209).

O agrossistema brasileiro também já tira proveito de técnicas agrônômicas como essas para se posicionar com sucesso no mercado mundial (BUAINAIN *et al.*, 2014). Contrariamente ao senso comum, o Brasil tem se destacado assim pelo modo inteligente de uso do território para lavoura, em comparação a outros países. Vide o sucesso da rede tecnológica que promove a integração lavoura-pecuária-floresta, ou ILPF (2012-), regulamentada pela legislação brasileira conforme a Lei nº 12.805/2013. De acordo com a estratégia de produção prevista nessa ordenação legal, diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais são integrados dentro de uma mesma área e/ou contiguamente a matas ciliares e reservas florestais estaduais e nacionais. Isso permite a formação de longos corredores verdes que favorecem o trânsito de animais selvagens por meio deles no Brasil.

Campo de forças

Todavia, as redes tecnológicas agrícolas, embora mantenham relações altamente reguladas tanto pela comunidade econômica internacional quanto por especificidades locais, estão sempre sujeitas a controvérsias incalculáveis relacionadas ao universo orgânico e inorgânico, cujo *status* ou condição hierárquica é difícil evidenciar. Na agricultura, fatores biofísicos locais e exógenos têm papel ativo nas escolhas em torno do uso de novas tecnológicas. Isso ocorre devido ao emprego na atividade rural tanto de conhecimentos tácitos e populares quanto científicos, filosóficos, políticos e até artísticos e religiosos — e de todos os elementos ecossistêmicos envolvidos nisso tudo (CAMARGO, 2018). Para estudar a natureza dessa linguagem complexa, deve-se levar em conta que

a agricultura integra a dimensão técnica (como o tipo de práticas de lavoura do solo que reduzem a erosão do solo) com a dimensão social e econômica (a maneira como os agricultores mobilizam e mantêm uma força de trabalho ou selecionam as culturas de acordo com as condições do mercado). Embora saibamos pesquisar cada uma dessas áreas separadamente, há pouco consenso sobre como projetar pesquisas que integrem os processos biofísicos e a determinação social das práticas tecnológicas envolvidas. (JANSEN; VELLEMA, 2011, p. 169)

A adoção de diferentes modos de troca cognitiva no campo permite explorar melhor os fluxos e trocas de informações (cognitivas, materiais) entre objetos, pessoas, sistemas biofísicos (orgânicos e inorgânicos), principalmente aqueles vinculados ao avanço das novas tecnologias que marcam as diversas revoluções agrícolas e as consequências delas. Emprega-se aqui o termo tecnologia no sentido de objetos técnicos, artefatos e linguagens que resultam da aplicação prática de descobertas populares, científicas. O interesse primário recai na explicação do impacto de uma tecnologia em seu momento de uso e nas trocas que isso possibilita.

Para agir nesse emaranhado político e cultural em simbiose com as redes tecnológicas e ecossistêmicas, Di Felice (2017, p. 10) delinea uma nova formulação chamada net-ativismo, que define como “um ‘campo de forças’ que reúne interesses e resultados de pesquisa de âmbitos disciplinares diversos”. E, como tal, implica numa diferente forma de agir, até a distância, que se opõe à ideia de força de contato. “Um agir cuja natureza e cuja dimensão atópica”, que em grego é “lugar atípico, fora do lugar e indizível, tornam difícil a sua própria narração” (DI FELICE, 2017, p. 10).

Essa formulação pressupõe humanos, meio ambiente, redes tecnológicas em constante comunhão. No entanto, tal comunhão estaria sujeita a uma espécie de apêndice temporal e espacial cuja ação, quando se dá, ocorreria em função de algum acontecimento vinculante (por exemplo, uma greve iniciada por uma categoria profissional), geralmente como “resultado de uma mediação técnica” (DI FELICE, 2012, p. 150). Essa formulação valeria para comunhão entre os elementos que compõem a biosfera, a tecnosfera e/ou a noosfera — mais conhecida como sociedade da informação e baseada nas linguagens criadas pelo ser humano —, a qual ganhou forças renovadas com o advento do código digital, da multimídia e da mobilidade interativa.

No agrossistema digital isso pode ser observado em diversos acontecimentos. Por exemplo, no *hacktivismo* que ocorre por meio de fóruns *on-line* para burlar contrato de licença de usuário final de equipamentos agrícolas de precisão (KOEHLER, 2017). Segundo o autor, já a partir de

2014, a *American Farm Bureau Federation* (AFBF) passou a observar que muitos dos agricultores associados estavam preocupados com a variedade e quantidade de dados que a tecnologia embarcada nas máquinas e implementos rurais vinha coletando durante o processamento da cultura vegetal na América do Norte (SBIAGRO, 2017; CAMARGO, 2017b). Na opinião deles não havia regras claras, confiáveis e transparentes por parte dos fornecedores de IoT, de AP e das AgriTIC quanto à utilização que fariam do *big data* rural coletado no campo por meio de diferentes máquinas e implementos rurais. Os principais questionamentos aos fornecedores de tecnologia agrícola (FTA) realizados pelos filiados à AFBF eram:

- Quem tem o direito de decidir o que e como usar o equipamento: o FTA ou o agricultor que comprou o equipamento?
- Quem é dono os dados captados pelo equipamento no campo?
- De que maneira as informações obtidas por meio desses dados serão usadas pelos FTA?
- Como faço para colocar uma proteção em torno dos dados da minha plantação que não quero compartilhar, para que possa protegê-los para as futuras gerações?
- O que você (FTA) legalmente pode fazer com os dados coletados na minha propriedade?
- O que acontece com meus dados depois de parar de trabalhar com sua empresa?

Como não obtinham respostas satisfatórias por parte dos FTA, os agricultores foram buscar uma solução para suas dúvidas nas redes tecnológicas do agrossistema digital (SBIAGRO, 2017; CAMARGO, 2017b). Preventivamente, passaram a burlar o contrato de licença de usuário final dos equipamentos agrícolas que conferem aos FTA o direito de controlar funcionalidades essenciais dessas máquinas mesmo a distância. Entre outras desvantagens, isso impede a realização de reparos “não autorizados” nos equipamentos, sob o risco de eles terem seu funcionamento bloqueado, o “que os agricultores veem como um ataque à sua soberania e muito possivelmente uma ameaça existencial ao seu sustento quando seu trator para de funcionar em situações [como a colheita de grãos no campo que são] inoportunas para solicitar o reparo por parte da assistência autorizada” (KOEHLER, 2017). Para contornar o problema, cresceu a prática do *hacktivismo* contra os sistemas informacionais embarcados em tratores de última geração.

Agricultores do estado norte-americano de Nebraska burlam, por exemplo, o *firmware* das máquinas por meio de conhecimentos compartilhadas em fóruns *on-line* sediados na Ucrânia, abertos apenas para convidados que aderem ao *hacktivism* (KOEBLER, 2017). Desse modo, os participantes dessa rede tecnológica transnacional do agrossistema digital passaram a se posicionar contra as restrições à tomada de decisão deles impostas pelos FTA. A atitude assumida pelos agricultores está vinculada a uma cultura estreitamente relacionada à defesa da liberdade política de uso das tecnologias digitais (GARNET; PARIKKA, 2016). Recorrendo aos fóruns *on-line* para *hacktivism*, os agricultores do Nebraska praticam uma extensão da cultura do Faça-Você-Mesmo (DIY, *do it yourself*), do desvio de circuito, da modificação de *hardware* e outros exercícios *hacktivistas* que estão intimamente relacionados ao uso social e político das tecnologias de comunicação e informação.

O desvio de circuito é um movimento eletrônico DIY realizado por indivíduos sem aprovação ou treinamento formal e focado na manipulação de circuitos e alteração da função concebida para uma tecnologia. [...] Desvio de circuito é uma forma de funcionamento que nos lembra que os usuários de forma consistente reapropriam, personalizam e manipulam produtos de consumo de maneiras inesperadas, mesmo quando o funcionamento interno dos dispositivos é intencionalmente projetado como um território para especialistas [...]. No âmbito da arqueologia da mídia é importante notar que não há simplesmente uma caixa preta. Em vez disso, o interior de uma caixa esconde uma infinidade de outras caixas pretas que trabalham em interação, cumprem vários papéis, com diferentes durações. Como Bruno Latour [2000] observa, é muitas vezes quando as coisas quebram que um sistema aparentemente inerte abre para revelar que seus objetos contêm mais objetos, e, na verdade, esses inúmeros objetos são compostos de relações, histórias e contingências. (GARNET; PARIKKA, 2016, p. 103-108)

Para contornar eventuais problemas legais relacionados ao desvio de circuito praticado pelos agricultores devido à quebra do contrato de licença de usuário final dos equipamentos IoT, AP e das AgroTIC, e concomitantemente sanar a falta de transparência quanto ao uso do *big data* rural coletado pelos FTA:

A AFBF passou a realizar [a partir de 2014] uma série de reuniões com representantes de outros grupos agrícolas interessados [em buscar respostas aos questionamentos feitos pelos agricultores aos FTA], tais como a *American Soybean Association*, a *National Corn Growers*, a *National Association of Wheat Growers*, a *National Farmers Union* e a *National Sorghum Producers*. Essas organizações já enfrentavam problemas semelhantes. As *agtechs* fornecedoras de tecnologia também foram convidadas. Representantes dos grandes fabricantes de equi-

pamentos estavam lá: Deere, CNH, AGCO, bem como grandes empresas de sementes e produtos químicos, Dow, DuPont e Monsanto. Pequenas *start-ups* de tecnologia também participaram. Depois de uma série dessas reuniões, o grupo elaborou os Princípios de Privacidade e Segurança para Dados Agrícolas, ou o que hoje chamamos de “Princípios Fundamentais do *Ag Data*”. Os Princípios Fundamentais do *Ag Data* transparente representam diretrizes básicas que os FTA deveriam seguir ao coletar, usar, armazenar e transferir dados do *big data* rural das propriedades rurais. Após a publicação dos Princípios Fundamentais do *Ag Data*, [até o primeiro semestre de 2018] 37 empresas diferentes o assinaram, comprometendo-se a incorporá-los em seus contratos de licença de usuário final junto aos agricultores. (AG DATA, 2017-)

Os FTA que buscam transparência quanto ao uso que farão do *ag data* devem submeter seus contratos com os agricultores para certificação por parte da organização não governamental *Ag Data Transparency Evaluator*, Inc. (AG DATA, 2017-). Além disso, devem responder a dez perguntas sobre como coletam, armazenam, usam e compartilham o *big data* rural das propriedades clientes. Os contratos e as respostas às dez perguntas são, então, revisados por uma auditoria independente. Se as respostas forem confiáveis, o FTA recebe um selo de aprovação do *Ag Data Transparency Evaluator*. Se houver discrepância, a empresa responsável pela tecnologia deve fazer uma alteração antes de o selo ser concedido. Cada uma das dez perguntas é baseada em um ou mais dos Princípios Fundamentais, criados em torno dos questionamentos iniciais feitos em 2014 pelos agricultores aos FTA. Por exemplo, um dos princípios da transparência do *Ag Data* refere-se à portabilidade: os agricultores devem poder mover dados de uma plataforma e usá-los em outra, caso mudem o FTA.

Observa-se nessa iniciativa de criação do *Ag Data Transparency Evaluator* como os agricultores continuam a valorizar a confiança, a transparência, o livre acesso, a horizontalidade da comunicação e a troca cooperativa de conhecimentos tecnológicos entre eles. Isso já havia sido indicado pela sociologia rural no século XX nos estudos de casos dos problemas relacionados à transferência para o campo das sementes tanto melhoradas como transgênicas (RYAN; GROSS, 1950; VEIGA, 2007). Nesse sentido, o *Ag Data Transparency Evaluator* reforça a oposição do agrossistema a redes tecnológicas digitais organizadas de modo centralizado e menos equitativo, do tipo caixa preta (LATOUR, 2000), como as oferecidas muitas vezes pelos FTA. Para superar esse embaraço, que não é exclusivo do agrossistema, a cultura digital tem estudado como pode aproveitar em diferentes ecossistemas digitais tecnologias como a DLT — *Distributed Ledger Technology*, mais conhecida como *blockchain* e originalmente desen-

volvida para a movimentação *on-line* de moedas virtuais sem a interferência de uma autoridade central (ALIMENTO SEGURO, 1999; GIGLIO; MALÓ; PARADISI, 2016).

Tecnologias de registro distribuído

Formulações e exemplos como os que acabam de ser discutidos nos tópicos anteriores deste artigo sobre plantio consorciado, ILPF e net-ativismo sinalizam como a biosfera passou a incluir, numa espécie de rede das redes, a tecnosfera e a noosfera. Esta última, mais conhecida como sociedade da informação, representa de forma evidente as “influências das formas de pensamentos sobre os ambientes”, principalmente a partir de 1924, conforme as ideias lançadas pelo geólogo russo V. I. Vernadsky e pelo jesuíta francês Teilhard de Chardin (SANTAELLA, 2015, p. 47). Nesse sentido, Crutzen e Stoermer (2000) até chamaram a noosfera de “o universo do pensamento”, “para marcar o crescente papel do poder da mente e dos talentos tecnológicos humanos para conformar seu futuro” (SANTAELLA, 2015, p. 47). A noosfera e a biosfera, portanto, juntas compõem os inúmeros canais de comunicação entre os polos animados e inanimados que integram o ecossistema e configuram a condição humana na Terra.

No entanto, a pujança da tecnosfera (que é uma impressão falsa, porque pode ser e é burlada pelo desvio de circuito dos movimentos eletrônicos DIY, discutido no tópico anterior deste artigo) tende a deixar em segundo plano as trocas ecossistêmicas mais orgânicas e/ou instintivas, como a dos caçadores-coletores e diversas espécies já extintas, que tiravam melhor proveito da simbiose e das relações entre as redes vegetais e animais (CAMARGO, 2018). Mas como este artigo busca demonstrar, são indissociáveis os modos de trocas cognitivas entre noosfera e biosfera e, de forma correlata, entre elas e a tecnosfera. Em conjunto, os processos mentais de alta diversidade e complexidade, que fornecem a conectividade entre elementos tão díspares do ecossistema — conectividade que promove o fluxo de informação tão necessário para formação do agrossistema digital, por exemplo.

Isso ajuda a refletir como a cultura digital está intrinsecamente ligada ao uso de materiais e conhecimentos trocados com o ecossistema. Em termos ontológicos, uma relação a mais plana possível, envolvendo elementos como terras-raras, enxames, insetos, lixo, sementes, fósseis digitais, cujas complexas camadas passam a constituir os meios de produção do conhecimento na tecnosfera, e são agenciadas por fatores so-

ciais, tecnológicos, ecológicos. A possível extravagância disso perdura só até se perceber o quanto uma discussão integrada entre cultura digital e ecologia expande o conhecimento sobre como o ecossistema influencia a tecnologia, e ambas estão interligadas. Logo, levar em conta as generalizações em torno da materialidade tecnológica é uma maneira de ver como o digital e o ecológico se transmutam em mídia, natureza, animais, vida e informação. Segundo Parikka (2016), deve-se considerar como todos os objetos (vivos e inanimados, existentes no ambiente ou na ecologia cultural ou midiática) estão impregnados uns dos outros.

De acordo com esse raciocínio, a cultura digital já está presente em tudo aquilo que constitui o ambiente físico e biológico. Isso ocorre “por meio da sincronização entre os processos naturais concebidos para serem eficientes em seus próprios termos, como enxames” de abelhas e suas técnicas de comunicação, semelhantes ao “Wi-Fi”; e o conhecimento sistemático do que a diversidade planetária “oferece para construção de máquinas artificiais” (PARIKKA, 2015a). Inclua-se aí as soluções desenvolvidas para o agrossistema digital, como as relacionadas à IoT. Entendida desse modo, a cultura digital é parte e/ou extensão da diversidade ecossistêmica.

Sob um ponto de vista político-econômico mais amplo, isso até já está implícito na Agenda 2030 proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU-BR, 2015). Na declaração dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) — cidades e comunidades sustentáveis, redução das desigualdades, consumo e produção responsáveis, ação contra a mudança global do clima —, os 193 países membros da entidade frisam que, entre outras áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta, o progresso tecnológico na Terra deve ocorrer em harmonia com o ecossistema. A atribuição dessa missão à tecnologia feita pela política e economia mundial, representativa do posicionamento dos quadros que compõem a ONU, torna-se ainda mais enfática na cena artística, na qual já era defendida nos idos de 1968. Questão trazida de volta durante as manifestações e exposições realizadas durante a 32ª Bienal de São Paulo — Incerteza Viva (VOLZ; PRATES, 2016), como destaca o recorte a seguir tirado do catálogo da mostra artística paulistana:

Em 1969, o arquiteto, designer e inventor [entre outras coisas dos domos geodésicos] americano Richard Buckminster Fuller (1895-1983) escreveu o livro *Operating Manual for Spaceship Earth* [Manual de operação para a espaçonave Terra], no qual culpa a especialização, generalizadamente entendida na sociedade atual como chave para o sucesso, por impedir toda forma de pensamento abrangente. As poderosas ferramentas

de pensamento que Buckminster Fuller sugere para combater os problemas mundiais são a riqueza física (energia), a riqueza metafísica (*know-how*) e a sinergia. “A riqueza como entropia desenvolve juros compostos através da sinergia, cujo crescimento até agora não é levado em conta em todo o planeta em nenhum de seus sistemas político-econômicos.” A sinergia, na visão de Buckminster Fuller, é o comportamento de totalidades, não previsível pela atuação de suas partes. Transferir o conceito de sinergia para a cooperação social é a única maneira pela qual a sociedade poderá efetivamente superar o materialismo e a constante necessidade de mais recursos. Ele declara: “O universo é sinérgico. A vida é sinérgica.” Assim, quando Buckminster Fuller fala do *know-how* como riqueza metafísica essencial, está se referindo ao conhecimento profundo sobre a relação entre seres humanos e seu ambiente, e ao entendimento pleno de uma interconectividade global. E ele aponta para a essência da educação [nesse papel]. (VOLZ; PRATES, 2016, p. 9-10)

Embora pareça utópica a possibilidade de se criar uma rede plena, profunda e sinérgica de atendimento (e entendimento) das necessidades existentes entre os humanos e o seu ambiente, conforme imaginada pela cena artística (VOLZ; PRATES, 2016), desde 2008 uma solução que pode ajudar a suportar isso vem sendo usada como alternativa para permitir trocas e operações comerciais justas pela internet sem o uso de moedas tradicionais (ALIMENTO SEGURO, 1999-; GIGLIO, MALÓ; PARADISI, 2016). Trata-se aqui da utilização da DLT, ou tecnologia de registro distribuído, numa tradução livre. A DLT foi desenvolvida, primeiramente, para permitir a movimentação *on-line* de *bitcoins*, ou moedas virtuais. Mas por meio dela é possível, em tese, compartilhar informação digital de todo tipo, de modo seguro e transparente em diversos segmentos (agrário, fabril, ambiental, etnográfico, maquinico) e entre diversas partes envolvidas sem depender de intermediários (um governo, um contrato de usuário final) que aja como uma autoridade central.

As aplicações da DLT diferem de acordo com os tipos de uso — financeiro, rural, logístico. Cada um deles com dinâmicas relacionais diferentes e criadas para atender uma gama diversificada de objetivos; mas que, devido às particularidades da cultura digital, necessitam de rastreabilidade, horizontalidade e confiança para estabelecer novos modelos troca cognitiva. As transações (ou dinâmicas relacionais) são gravadas em um repositório público à prova de fraudes, organizado em blocos cronológicos. Cada informação é representada por um grupo único de caracteres (uma espécie de senha ou cadeado criptografado). Só as partes (pessoas, máquinas e uma miríade de outras coisas) vinculadas a esses acontecimentos ou modos de troca digital conseguem acessar o repositório público de informações, com transparência. Logicamente, o funcionamento da

DLT exige (como já ocorre no campo das moedas virtuais) uma colaboração profunda entre os históricos e expectativas de cada setor e de todas as partes envolvidas nele — como no uso pelo agrossistema e pelos produtores rurais —, o que agrega imensa complexidade à solução que ainda necessita de arranjos claros para operar (GIGLIO; MALÓ; PARADISI, 2016). Este é o motivo que deve atrasar a disseminação e implementação plena da DLT no agrossistema digital, comparativamente ao uso já disseminado no mercado financeiro.

Mas a simples existência da DLT é uma amostra de como as tecnologias agrícolas emergentes poderiam programar seus algoritmos de modo a contemplar também os interesses da condição humana e dos ecossistemas — antes de dar forma racional à fertilidade, à lotação, à adubação, à produtividade do solo para as culturas vegetais e às criações animais. Proporcionariam, desse modo, agrossistemas aptos a seguir uma lógica relacional mais conectiva e colaborativa. E, acima de tudo, comprometidos com a conectividade global no campo, que só será alcançada com a ampla valorização de redes amplas de grupos de tarefas, com o aprendizado dos conhecimentos necessários para integrar-se às tecnologias agrícolas e com a confiança de que elas realmente são necessárias e seguras. Uma possibilidade para isso ocorrer é que a agricultura digital concilie as expectativas dos usuários e dos fabricantes das tecnologias, por exemplo, favorecendo a cooperação em detrimento da competitividade. Uma prova de que isso é possível (e não utópico) pode ser vista no tópico anterior deste artigo, na descrição do funcionamento na América no Norte do *Ag Data Transparency Evaluator* (AG DATA, 2017-).

Referências

- AG DATA TRANSPARENT (Site). Indianapolis, IL: Ag Data Transparency Evaluator, 2017-. Disponível em: agdatatransparent.com. Acesso em: 03 jun. 2018.
- ALIMENTO SEGURO (Diário. Editoria/Tag Cloud). Porto Feliz: EiraCom, 1999. Disponível em: bit.ly/2Zeqe8P. Acesso em: 29 mai. 2018.
- BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York, NY: Norton, 2014.
- BUAINAIN, Antônio Márcio *et al.* (org.). *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola*. Brasília: Embrapa, 2014.

CAMARGO, Alessandro Mancio de. Dust Bowl. *TransObjeto*, São Paulo, 30 jun. 2017a. Blog. Disponível em: bit.ly/2TTazGI. Acesso em: 28 mai. 2018.

_____. Modos de troca cognitiva no agrossistema digital. In: *Congresso Brasileiro de Agroinformática – SBIAGRO*, 11, 2017b, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017b. p. 753-762.

_____. *Modos de troca cognitiva no agrossistema digital*. São Paulo, 2018, 185 f. Tese (Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital), PUC-SP, 2018.

CONWAY, Gordon. *Produção de alimentos no século XXI: biotecnologia e meio ambiente*. São Paulo: Estação Liberdade, 2003.

CRUTZEN, Paul J.; STOERMER, Eugene F. The Anthropocene. *Global Exchange Newsletter*, Stockholm, no. 41, p. 17-18, maio 2000. Disponível em: bit.ly/2splWJ6. Acesso em: 12 fev. 2017.

DEERE, John. *The operation, care, and repair of farm machinery*. 9th ed. Moline, IL: John Deere, 1935.

FEIGELFELD, Paul. Media archaeology out of nature. Interview with Jussi Parikka. *Journal e-flux*, New York, NY, n. 62, fev. 2015a. Disponível em: bit.ly/2J5VU4D. Acesso em: 29 mai. 2018.

DI FELICE, Massimo. *Net-ativismo: da ação social para o ato conectivo*. São Paulo: Paulus, 2017.

GARNET, Hertz; PARIKKA, Jussi. Mídia zumbi: desvio de circuito da arqueologia da mídia para um método de arte. Tradução de Alessandro Mancio de Camargo. *Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, TIDD, PUC-SP, São Paulo, n. 14, p. 98-113, jul-dez. 2016.

GIGLIO, Fernando; MALÓ, Pedro; PARADISI, Alberto. IoT Transversal. In: *Internet das Coisas e suas implicações na agricultura digital*, 1, 2016, Campinas. *Painel...* Campinas: Observatório de Tecnologias da Informação e Comunicação na Agricultura, Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa — Agropensa, 2016.

HAFF, Peter K. Technology as a geological phenomenon: implications for human well-being. In: WATERS, C. N. et al. (org.). *A Stratigraphical Basis for the Anthropocene*. London: Geological Society (Special Publications, 395), 2013.

_____. Humans and technology in the Anthropocene: Six rules. *The Anthropocene Review*, Thousand Oaks: Sage, v. 1, n. 2, p. 126-136, 2014.

ILPF: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Brasil: Rede ILPF, Embrapa *et al.*, 2012- (Diário). Disponível em: bit.ly/2kIghKW. Acesso em: 01 jun. 2018.

JANSEN, K.; VELLEMA, S. What is technography? *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, Amsterdam, n. 57, p. 169-177, 2011.

KOEBLER, Jason. Why American farmers are hacking their tractors with Ukrainian firmware. *Motherboard*, New York, 21 mar. 2017. Disponível em: bit.ly/2Jol8BC. Acesso em: 7 maio 2017.

LATOUR, Bruno. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. Tradução de Ivone C. Benedetti. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

NOBRE, Carlos A. *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, Washington, v. 113, n. 39, p. 10759-10768, 27 set. 2016.

ONU-BR: Agenda 2030. Nações Unidas no Brasil, 2015. Site. Disponível em: bit.ly/2J2Arov. Acesso em: 01 jun. 2018.

PARIKKA, Jussi. Earth forces contemporary and land arts, technology and new materialist aesthetics. *In: FELINTO, E.; MÜLLER, A; MAIA, A. (org.). A vida secreta dos objetos: ecologias da mídia*. Rio de Janeiro: Azouge, 2016.

RYAN, Bryce; GROSS, Neal. Acceptance and diffusion of hybrid corn seed in two Iowa communities. *Research Bulletin (Iowa Agricultural and Home Economics Experiment Station) (Ames, IO)*, v. 29, n. 327, art. 1, Disponível em: lib.dr.iastate.edu/researchbulletin/vol29/iss372/1. Acesso em: 01 jun. 2018.

SANTAELLA, Lucia. *Culturas e artes do pós-humano: da cultura das mídias à cibercultura*. São Paulo: Paulus, 2003.

_____. A grande aceleração & o campo comunicacional. *Intexto* Porto Alegre: UFRGS, n. 34, p. 46-59, set./dez. 2015.

_____. Natureza e cultura. *Revista Observatório Itaú Cultural*, São Paulo, Itaú Cultural, n. 19, nov. 2015/maio 2016. Versão digital.

SASSEN, Saskia. *Expulsões: brutalidade e complexidade na economia global*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.

SBIAGRO. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA — SBIAgro, 11, 2017, Campinas, SP. *Anais...* Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2017.

VEIGA, José Eli da (org.). *Transgênicos: sementes da discórdia*. São Paulo: Senac, 2007.

VOLZ, Jochen; PRATES, Valquíria (org.). *Incerteza viva: processos artísticos e pedagógicos — 32ª Bienal de São Paulo*. São Paulo: Fundação Bienal de São Paulo, 2016.

WORSTER, Donald. *Dust Bowl: the Southern Plains in the 1930s*. Nova York, NY: Oxford, 2004.

Agrometeorologia digital:

as bases biofísicas para a revolução digital no campo

Felipe Gustavo Pilau¹

Fabio Ricardo Marin²

Resumo: Uma população mundial estimada em 10 bilhões em 2100 e a incerteza sobre o clima futuro acentuam os debates sobre fome, abastecimento de água e energia. Especialmente no tocante à segurança alimentar, o Brasil é colocado em destaque. Por isso, pesquisas direcionadas ao pleno entendimento das relações solo-planta-atmosfera tornam-se cada vez mais fundamentais. Neste trabalho, expomos uma revisão bibliográfica a respeito das bases biofísicas fundamentais à concepção da Agrometeorologia Digital. Sistemas de suporte à tomada de decisão, baseados em modelos, podem introduzir o fator clima no gerenciamento da produção agropecuária, agregando uma gama de serviços agrometeorológicos que auxiliam nas decisões de gerenciamento, tornando-as mais eficazes a curto e longo prazo.

Palavras-chave: Biofísica. Ecofisiologia. Agrometeorologia Operacional. Modelagem. Tecnologia da Informação.

¹ Doutor em Agronomia (Física do Ambiente Agrícola) pela USP.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/3838022789079158. E-mail: fgpilau@usp.br.

² Doutor em Agronomia (Física do Ambiente Agrícola) pela USP.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/2318727424326430. E-mail: fabio.marin@usp.br.

Digital agrometeorology: the biophysical basis for the digital revolution in the field

Abstract: An estimated world population of over 10 billion by 2100 and the uncertainties concerning the future climate heat up the debate on world food security, water supply and energy availability. Brazil is a key player in supplying a large part of world food demand. Hence, research directed towards the full understanding of soil-plant-atmosphere relations becomes increasingly important. This paper reviews literature on the fundamentals of biophysical bases for conceptualizing Digital Agrometeorology. Model-based decision support systems might help with the quantification of climate influence and with the management of agricultural production. It may bring a range of agrometeorological services that assist in management decisions, and increase the efficiency of short- and long-term processes of decision-making.

Keywords: Biophysics. Ecophysiology. Crop Modeling. Information Technology. Operational Agrometeorology.

Introdução

Desde 1950, a população mundial passou de 2 bilhões e 536 milhões para 7 bilhões e 713 milhões de pessoas (UNITED NATIONS, 2019). Paralelamente a esse aumento populacional, na década de 1950, teve início a Revolução Verde, um conjunto de iniciativas tecnológicas que transformou a agropecuária. A partir daí, a produção mundial de alimentos também aumentava anualmente, estabelecendo um cenário positivo, no qual a segurança alimentar parecia não preocupar.

Atualmente, porém, com as projeções indicando 9 bilhões e 735 milhões de habitantes para o ano de 2050 e 10 bilhões e 875 milhões em 2100 (ONU, 2019), o cenário está se transformado. Fome, abastecimento de água e energia e o clima futuro passaram a serem temas cotidianamente discutidos.

Para alimentar esses adicionais futuros será preciso aumentar a produção agrícola mundial em até 60% (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012; BRUINSMA, 2003; LOBELL *et al.*, 2009). Essa necessidade implica, contudo, um desafio adicional, uma vez que o aumento da produção não poderá ser unicamente baseado no aumento da área cultivada. A maior parte do aumento da produção agrícola do mundo precisará vir do aumento da produtividade da área agrícola consolidada (VAN REES *et al.*, 2014). Tudo feito com alta eficiência de uso de insumos, especialmente água, com impacto mínimo sobre o clima global.

Esse cenário complexo e difícil, contudo, coloca o Brasil em destaque, com potencial para atender a boa parte da demanda projetada. Internamente, a estrutura e a relevância do setor agropecuário na economia nacional destacam a oportunidade que se apresenta ao País nas próximas décadas, sugerindo uma reflexão sobre que modelo agrícola poderia atender a esse novo patamar de demanda global por alimentos (MARIN *et al.*, 2016).

Nesse contexto, as pesquisas direcionadas ao pleno entendimento das relações solo-planta-atmosfera são fundamentais. A análise da variabilidade dos elementos meteorológicos possibilita definir os locais e

épocas propícias para a produção de alimentos. O conhecimento ampara na escolha do material genético mais apropriado ou na necessidade de melhoramento vegetal. Também auxilia quantificar a necessidade de água das plantas e a racionalizar o uso e manejo dos sistemas irrigados. Ainda permite a identificação do potencial produtivo das lavouras amparando produtor ou órgão regulador de estoque em sua tomada de decisão. Os apontamentos são exemplos dentre as mais variadas contribuições da agrometeorologia, com foco na tríade básica: Produtividade, Desempenho e Sustentabilidade.

Dentre os fatores de produção controlando a produtividade agrícola, aqueles relacionados à interação planta-atmosfera são, sem dúvida, os que têm ainda maior oportunidade de avanço. A queda no custo de processamento computacional das últimas duas décadas tem sido um dos impulsionadores principais deste campo científico. Diferentemente das demais áreas do conhecimento que envolvem a agricultura, a elevada variabilidade espaço-temporal da atmosfera não permite a formulação de modelos mentais mais simples, demandando recurso em tecnologia da informação para seu processamento. Neste contexto, a “revolução digital” vem permitindo um grande avanço no campo da agrometeorologia e, neste artigo, compilamos um conjunto de resultados científicos de quase duas décadas de estudo, que fazem ou poderão fazer parte de plataformas digitais destinadas a auxiliar a produção agrícola brasileira.

Bases biofísicas

Neste e no próximo tópico do artigo, expomos uma revisão bibliográfica, sintetizada, de nossa pesquisa em Agrometeorologia, destacando estudos em micro e macro escala sobre sistemas de produção agrícola. Trata-se de ciência básica, fundamento para a construção da Agrometeorologia Digital.

Gerando conhecimento básico

A quantificação da energia eletromagnética trocada entre plantas e seu meio ambiente é muito importante para estudos de fisiologia e ecofisiologia das plantas, e tem aplicações agrônomicas úteis. Para cultivos esparsos arbóreos desenvolvemos sistemas móveis de medida (MARIN, 2003; PILAU, 2005). Com saldo-radiômetros os equipamentos descrevem “esferas sensoras” (PILAU, 2005) ou “cilindros nocionais” (MARIN, 2003;

PILAU, 2005) de medida do balanço de radiação da(s) planta(s). Esses equipamentos nos possibilitaram entender melhor as alterações nos padrões das trocas energéticas pela copa em consequência do sistema de plantio e da variação da área foliar das plantas (ANGELOCCI *et al.*, 2008; PILAU; ANGELOCCI, 2015; PILAU; ANGELOCCI, 2016), e a mensurar a interferência das estruturas lenhosas (PILAU; ANGELOCCI, 2016). A partir dos dados coletados também desenvolvemos modelos para estimativa do balanço de radiação (PILAU *et al.*, 2007; ANGELOCCI *et al.*, 2008; PILAU; ANGELOCCI, 2014). As equações concebidas podem ser integradas àquelas de estimativa da evapotranspiração, auxiliando na estimativa do consumo hídrico por planta e consequentemente no manejo da irrigação dos cultivos (MARIN, 2003).

Em vista à carência de conhecimento sobre o consumo hídrico dos cultivos arbóreos esparsos, Marin (2000; 2003) também realizou medições da evapotranspiração e transpiração em citros e cafeeiros. O consumo hídrico dos cultivos agrícolas, a partir daí, passou a integrar continuamente as pesquisas. Metodologias e instrumental foram e seguem sendo muito trabalhadas (MARIN *et al.*, 2001; 2008). O uso e análise de métodos micrometeorológicas como o balanço de energia – Razão de Bowen (RIGHI *et al.*, 2007), o método aerodinâmico (MARIN; ANGELOCCI, 2011) e a correlação de vórtices turbulentos (Eddy Covariance) (OLIVEIRA, 2018) permitiram avaliar e entender sobre o consumo de água de diversas espécies (NASSIF *et al.*, 2018; MARIN *et al.*, 2005; SOBENKO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019; CARVALHO *et al.*, 2017; 2019). Lisímetros, técnicas de medida do fluxo de seiva e porômetros foram e são usados para particionar evaporação-transpiração e compreender sobre as respostas estomáticas ao ambiente solo-atmosfera (ANGELOCCI *et al.*, 2004; MARIN *et al.* 2019).

Mais recentemente, uma reanálise dos dados de evapotranspiração nos conduziu a uma nova abordagem em relação ao consumo hídrico das espécies e sua relação com a evapotranspiração de referência (ET_o). Marin *et al.* (2016; 2019) descreve que o enfoque normalmente usado para quantificar o consumo de água por culturas irrigadas, baseado na evapotranspiração de referência associado ao coeficiente de cultura (ET_o K_c) deve ser melhor avaliado. As análises mostram que o K_c diminui à medida que o ET_o aumenta (correlação negativa), como consequência do alto acoplamento planta-atmosfera, o que limita a quantidade de água que a planta poderia fornecer à atmosfera.

Ainda sobre a questão “água-produção agrícola”, análises em macroescala também foram feitas. As pesquisas analisaram os efeitos das

mudanças climáticas (MARIN, 2014) e de fenômenos de grande escala, como o *El Niño* Oscilação Sul, sobre as produções e risco climático.

A variabilidade espaço-temporal dos elementos meteorológicos nas áreas de produção agrícola também passou a integrar nossos trabalhos. Consideramos que analisar o fator meteorológico é fundamental para o pleno entendimento da variabilidade de produção em áreas de agricultura de precisão. A grande lacuna científica até aqui está na avaliação da variabilidade espacial e temporal dos elementos meteorológicos dentro da unidade produtiva. Trata-se de um exploratório contínuo, capaz de gerar uma quantidade grande de dados, que exigem trabalho intenso de análise. A Agrometeorologia de Precisão, assim por nós definida, busca exatamente isso.

Às análises dos fluxos de energia e água foram integradas as pesquisas direcionadas à compreensão de crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas. Analisar ganho/perda de biomassa, particionamento de fotoassimilados e fenologia das plantas nos induziram ao uso e desenvolvimento de modelos de simulação de crescimento de plantas. Com modelos mais simples foram feitos os primeiros trabalhos (ASSAD *et al.* 2007) e a concepção de um sistema de simulação (VIANNA *et al.*, 2017). Logo agregaram-se as plataformas e modelos de crescimento mais robustos (JONES *et al.*, 2003; KEATING *et al.*, 2003), baseados em processo biofísicos.

Com essas ferramentas podemos analisar o desempenho de materiais genéticos, ponderar sobre o consumo hídrico das plantas, analisar diferenças entre sistemas de produção, cunhar cenários futuros de alterações climáticas e seus impactos em zoneamentos agrícolas e no potencial de produção etc. (MARIN *et al.*, 2013; 2014).

Esse relato mostra nosso objetivo de prover conhecimento básico, mas com potencial de aplicação, para a análise e compreensão das relações entre as plantas e o ambiente de produção, com maior detalhamento à questão meteorológica. O conhecimento sobre as respostas vegetais ao ambiente de produção, ou a análise do próprio ambiente, são fundamentais para adequação dos genótipos, dos insumos e dos manejos, sempre com o intuito de maximizar a exploração dos recursos naturais, mas com plena consciência sobre a preservação ambiental. O conhecimento básico é o que permite o cientista a aventurar-se na concepção de sistemas de simulação. Iniciar suas tentativas de modelar o sistema real a partir de funções matemáticas. Esse, na maioria dos casos, é o ponto de partida para a concepção de um Sistema Agrometeorológico Digital.

A concepção da Agrometeorologia Digital

Trocas energéticas e gasosas, respostas estomáticas, crescimento e desenvolvimento são as bases da modelagem de crescimento de plantas que formarão um Sistema de Suporte à Tomada de Decisão. Equações simulando as interações solo-planta-atmosfera e, por vezes, alguma(s) atividade de manejo(s), podem ser úteis como um meio para ajudar o cientista a definir suas prioridades de pesquisa. De acordo com Dourado-Neto *et al.* (1998), ao usar um modelo para estimar a importância e o efeito de determinados parâmetros, um pesquisador pode observar quais fatores devem ser mais estudados em pesquisas futuras, aumentando assim a compreensão do sistema. O modelo também tem o potencial de ajudar a entender as interações básicas no sistema solo-planta-atmosfera. Com base nessa premissa, modelos de crescimento e desenvolvimento de plantas devem ser elaborados para fornecer uma base para o planejamento e gerenciamento da produção agrícola.

Sistema de suporte à tomada de decisão

Os sistemas de suporte à tomada de decisão são compostos por vários programas de computador tendo como um componente central os modelos de culturas descrevendo relações entre a cultura, a atmosfera, o solo e os componentes bióticos e abióticos do sistema.

Utilizando modelos de cultura, por exemplo, pode-se analisar e manipular um dado sistema produtivo com muito mais facilidade e rapidez do que seria possível considerando toda a complexidade do sistema real. Ao longo do século 20, houve um desenvolvimento científico sem precedentes em decorrência de uma mistura dos métodos de indução e dedução. A indução parte das observações específicas para leis gerais, enquanto a dedução parte de princípios gerais para realizar previsões específicas. Desde a década de 1960, modelos baseados em processos têm sido desenvolvidos e refinados passo a passo, guiados por resultados experimentais que preenchiam pouco a pouco pequenas lacunas no conhecimento em oposição aos grandes e onerosos experimentos (OVERMAN; SCHOLTZ III, 2003).

Uma das formas cientificamente aceitas para a análise de impactos das mudanças climáticas na agricultura é o uso de modelos de crescimento de plantas (MCP) baseados em processos biofísicos que ocorrem em culturas (do inglês, *process based crop model*) (ROSENZWEIG *et al.*, 2013). São ferramentas consagradas na literatura científica para testes de hipóteses

acadêmicas, bem como de avaliação de cenários e de impacto de mudanças climáticas na agricultura em escalas mundial (ROSENZWEIG; PARRY, 1994), nacional (ADAMS *et al.*, 1990) e regional (MARIN *et al.*, 2013). No entanto, apesar da importância desses modelos, uma das incertezas nas projeções agrícolas decorre, também, dos próprios modelos.

A comunidade de modeladores do clima tem atacado o problema da incerteza³ utilizando agrupamentos (do inglês, *ensembles*) de modelos de circulação geral da atmosfera (SEMENOV; STRATONOVITCH, 2010). Os MCPs, contudo, são ainda utilizados com uma abordagem determinística, sem contar com uma análise probabilística adequada a despeito das incertezas associadas em seus algoritmos, dados de entrada e parâmetros (RÖTTER *et al.*, 2011). A opção para enfrentar essa limitação é o uso de um conjunto de MCPs em paralelo, adequadamente calibrados, em analogia aos *ensembles* dos modelos climáticos.

Por exemplo, em trigo (RÖTTER *et al.*, 2012) e cevada (PALOSUO *et al.*, 2011) foram utilizados nove diferentes MCPs para as simulações de efeitos da mudança no clima nessas culturas na Europa. Uma conclusão interessante dos trabalhos foi que nenhum dos modelos mostrou-se superior para todos os locais testados e que a média das previsões de todos os modelos mostrou-se a mais adequada para as simulações de produtividade. Asseng *et al.* (2013) encontraram resultados similares utilizando 27 modelos de trigo, mas verificaram que apenas três modelos escolhidos aleatoriamente seriam suficientes para reduzir a incerteza a um nível suficientemente baixo.

Merece destaque o fato de o trabalho de Asseng *et al.* (2013) ter sido publicado em periódico de altíssimo impacto (*Nature Climate Change*) por se revelar uma verdadeira ruptura nas limitações previamente atribuídas ao uso dos MCPs em larga escala. Até poucos anos atrás, por tratarem de processos biofísicos relativamente detalhados do sistema de produção agrícola, tais modelos eram considerados como dedicados à simulação de pequenas parcelas, sem possibilidade de extrapolação para grandes áreas. O trabalho de Asseng *et al.* (2013), por verificar que o uso de múltiplos modelos em paralelo foi capaz de reduzir a incerteza para níveis similares aos obtidos nos sítios experimentais, demonstrou a capacidade dessa ferramenta para aplicações operacionais em larga escala.

O estado da arte no estudo dos MCPs, contudo, aponta que a próxima fronteira nessa linha de pesquisa é a incorporação da simulação

3 Qualquer desvio em relação a um valor ideal obtido a partir de um conhecimento determinístico supostamente completo sobre um sistema.

estocástica nesse contexto, permitindo assim conhecer como a incerteza dos dados de entrada se propaga nas variáveis de saída do modelo. Além disso, uma necessidade importante no âmbito da abordagem estocástica é considerar a correlação entre as variáveis consideradas aleatórias durante o processo de simulação, permitindo assim projetar as incertezas dos parâmetros e/ou dados de entrada no resultado final das simulações de modo biofisicamente coerente e evitando incluir incertezas não pertencentes à condição de contorno do sistema simulado (BAIGORRIA *et al.* 2010). Nesse sentido, o argumento de Sinclair e Seligman (1996) sobre a importância do desenvolvimento dos próprios modelos para grupos de cientistas, permitindo aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos envolvidos no processo de simulação e sobre as incertezas inerentes ao uso de modelos, essa abordagem estocástica seria uma oportunidade para o Brasil.

Os modelos: conceitos e definições

Um modelo é um padrão, um plano, uma representação ou descrição feita para demonstrar o funcionamento de um objeto, um sistema ou conceito. Do latim, a palavra modelo tem origem em *modulus*, que significa ‘uma pequena proporção ou redução de um padrão’. Modelos de simulação são representações relativamente simples do mundo real a nossa volta.

Modelos podem ser classificados de várias formas e, didaticamente, são normalmente divididos em modelos empíricos e mecanísticos (THORNLEY; JOHNSON, 2000). Modelos empíricos são fundamentalmente relações matemáticas descritas a partir da observação do sistema, por informações biológicas ou por qualquer conhecimento da estrutura do sistema estudado. Consistem em uma ou mais equações, e normalmente estão associados a características locais, com dificuldade para sua extrapolação.

Os modelos mecanísticos são relativamente mais complexos que os modelos empíricos. Entretanto, seu conteúdo normalmente aplica-se a uma maior gama de fenômenos. Baseiam-se na física e nos processos

Características	Pesquisa	Aplicação Prática
Hipóteses	Especulativa	Bem aceito
Conexões com dados observados	Tênue (geralmente)	Bom
Precisão das previsões	Variável	Bom
Escopo/Alcance	Amplio	Limitado
Complexidade	Complexo	Simple
Modelo	Mecanístico	Empírico

Tabela 1. Modelos de pesquisa e modelos aplicados: comparação das principais diferenças. Adaptado de THORNLEY; JOHNSON (2000, p. 14).

fisiológicos envolvidos no crescimento da cultura e, por esse motivo, oferecem mais respostas mais consistentes.

Quando aplicada a sistemas biológicos, a simulação mecanística é altamente recomendada, uma vez que sistemas vivos são compostos por subsistemas e componentes, e cada um deles interage simultaneamente com os demais de modo não-linear e caótico, por natureza. Por causa dessa complexidade, métodos clássicos (matemáticos-estatísticos) aplicados a sistemas vivos têm se mostrado inadequados para sistemas vivos (JONES; LYUTEN, 1998). Essa interação não linear deve-se, em última instância, à organização hierárquica dos sistemas que dá origem aos subsistemas.

Os modelos mecanísticos têm uma rota relativamente mais longa, já que em seus componentes precisam respeitar a ordem dos processos e suas respectivas propriedades, introduzindo variáveis extras no nível de órgãos, tecidos e agregados bioquímicos em que dados de observações adicionais geralmente também são disponíveis. Pela síntese e integração do conjunto de equações que definem o sistema, chega-se então às variáveis de interesse da cultura, como massa de colmos e teor de sacarose, por exemplo.

Boote *et al.* (1996) classificaram três níveis de uso dos modelos de simulação de culturas: modelos utilizados em pesquisas, modelos para uso em análises tecnológicas sobre o manejo dos cultivos e modelos para suporte à política de planejamento agrícola. Cada um deles envolve uma escala espaço-temporal, um nível de detalhamento dos processos modelados e um nível de compromisso com a aplicação operacional.

Thornley e Johnson (2000), por sua vez, classificam os modelos em dois grupos principais: os de aplicação em pesquisas e os de aplicação prática (Tabela 1). Os modelos aplicados em pesquisa, por serem mais

detalhados, baseados em processos e possuírem um maior número de parâmetros, tendem a apresentar respostas mais próximas da realidade. Já os modelos de aplicação prática, por serem mais simples e baseados em equações empíricas, resultam em aproximações mais superficiais, tendo aplicações específicas para os pontos nos quais foram calibrados e maior dificuldade para extrapolação e condições de contorno mais limitadas. Atualmente, dada a boa disponibilidade de dados de entrada e mesmo o domínio relativamente avançado nas técnicas de simulação, tem-se cada vez mais utilizado os modelos de simulação inicialmente classificados como “pesquisa” em aplicações práticas, elevando a qualidade das predições e da tomada de decisão.

Outra classificação possível envolve o modo pelo qual as variáveis de estado de um modelo são simuladas. Nesse contexto, pode-se dividir modelos em determinísticos e estocásticos. Os modelos determinísticos têm suas variáveis de estado determinadas unicamente por seus parâmetros e pelos valores prévios das variáveis de estado. Nos modelos estocásticos, um componente aleatório está presente e as variáveis de estado não são descritas por um único valor. Ao contrário, elas são descritas por distribuições de probabilidade.

Em modelagem de sistemas biológicos, há uma terminologia convencionalizada pela comunidade científica que facilita a comunicação. Os principais termos utilizados são os seguintes:

- **Sistema:** coleção de componentes e suas inter-relações, agrupadas com o propósito de estudar alguma parte do mundo real. Dependente da visão do modelador sobre a realidade e do propósito da modelagem.
- **Ambiente e condições de contorno:** na definição do escopo de um sistema, é necessário definir seus limites e seu conteúdo. O ambiente inclui tudo, com exceção dos componentes do sistema. Ambiente afeta o sistema, mas o sistema não afeta o ambiente.
- **Modelo:** Representação matemática de um sistema. Conjunto de equações na forma de códigos de programação que quantifica o conhecimento sobre o sistema. Em agricultura, por exemplo, **sistema** pode ser uma cultura; seus **elementos** podem ser as folhas, raízes, colmos, flores e frutos, e seus **processos**, a transpiração, fotossíntese, respiração, crescimento radicular, particionamento.

- **Entradas e saídas:** variáveis de entrada (variáveis exógenas) são grandezas do ambiente que afetam o comportamento do sistema, mas não são influenciados por ele. Variáveis de saída representam numericamente o comportamento do sistema que é de interesse para o modelador. Na modelagem agrometeorológica, há especial interesse em analisar variáveis meteorológicas e sua repercussão nos modelos.
- **Parâmetros e Constantes:** são características dos componentes do sistema que permanecem inalteradas ao longo de uma simulação. **Constantes** são grandezas com valores suficientemente confiáveis que permanecem fixos ainda que as condições experimentais sejam modificadas. **Parâmetros** são grandezas com maior incerteza e que podem ser alterados para configurar o modelo a uma situação específica de simulação.
- **Variáveis de Estado:** são grandezas que descrevem os componentes do sistema, mudando com o tempo conforme os componentes interagem entre si e com o ambiente.
- **Calibração:** consiste em ajustar parâmetros para aproximar as simulações dos dados observados experimentalmente. A estrutura do modelo, portanto, permanece a mesma. Em alguns casos, a calibração é o único meio prático de estimar o valor de alguns parâmetros considerados em processos biológicos.
- **Validação:** é o processo de comparação das variáveis de saída com dados experimentais que não foram utilizados na calibração.
- **Análise de Sensibilidade:** consiste na exploração do desempenho de um modelo pela variação nos valores dos parâmetros. A finalidade dessa análise é quantificar quanto a variação em um parâmetro influencia nas variáveis de saída de um modelo. Pode-se agrupá-las grosseiramente em dois modos de análise: local e global.

Esses termos normalmente precisam ser representados esquematicamente com vistas a esclarecer sobre o sistema a ser tratado, mantendo igualmente um padrão de comunicação visual entre os interessados no modelo.

Linguagens de programação

Quando se necessita programar um modelo em um computador, é válido lembrar que a melhor linguagem para o fazer é aquela que se conhece bem. Para aqueles que ainda não dominam nenhuma linguagem de programação, vale lembrar que uma das principais e mais antigas linguagens de programação em modelagem de sistemas biológicos é o Fortran. Ela foi desenvolvida a partir da década de 1950, continua a ser usada atualmente, e seu nome é um acrônimo da expressão “IBM Mathematical FORMula TRANslation System”.

A linguagem Fortran é principalmente usada em análise numérica. Apesar de ter sido inicialmente uma linguagem de programação procedural, versões recentes de Fortran possuem características que permitem suportar programação orientada por objetos. O Fortran permite a criação de programas que primam pela velocidade de execução. Daí reside seu uso em aplicações científicas computacionalmente intensivas como meteorologia, oceanografia, física, astronomia, geofísica, economia e modelagem agrícola.

A Agrometeorologia Digital

Com base no exposto, podemos afirmar que a agrometeorologia, uma ciência holística interdisciplinar, trata de um sistema complexo envolvendo solo, planta, atmosfera, manejo agrícola e outros, que interagem dinamicamente em várias escalas espaciais e temporais. O sistema solo-planta-atmosfera precisa ser muito bem compreendido a fim de se desenvolver aplicações ou recomendações operacionais razoáveis. As informações meteorológicas observadas, em tempo real e de forma remota combinadas em modelos mais ou menos complexos, focados nos componentes das partes do sistema, podem detectar sensibilidades ou respostas potenciais. O sistema, assim, poderá inferir sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura, o risco de geada, a ocorrência de estiagem, a condição para realização de práticas agrícolas: preparo do solo, semeadura, adubação, aplicação de defensivos, irrigação, colheita, trafegabilidade etc. Um sistema agrometeorológico pode também estar associado à previsão do tempo. Isso permite ao usuário fazer um planejamento antecipado das atividades. Cenários futuros ainda mais prolongados também podem ser indicados pelo sistema. O uso de séries passadas de dados meteorológicos pode auxiliar nas previsões futuras. Como base em “n” anos anteriores, os modelos podem criar as chamadas “plumas” de simulação. São nume-

rosos resultados simulados capazes de assinalar para a probabilidade do acontecimento, a exemplo de um sistema de previsão de safras. Portanto, a Agrometeorologia Digital, ao trazer o fator faltante da Revolução Verde: o clima, e disponibilizar uma gama de serviços agrometeorológicos, auxilia nas decisões de gerenciamento eficazes a curto e longo prazo.

Referências

- ADAMS, Richard M. *et al.* Global climate change and US agriculture. *Nature*, v. 345, p. 219–24, 1990. Disponível em: nature.com/nature/journal/v345/n6272/abs/345219a0.html. Acesso em: 02 out. 2019.
- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. *World Agriculture Towards 2030/2050: the 2012 revision*. Rome: FAO, 2012. (ESA working paper n° 12-03).
- ANGELOCCI, L. R. *et al.* Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 16, p. 53–64, 2004.
- ANGELOCCI, L. R. *et al.* Radiation balance of coffee hedgerows. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 3, p. 274–281, 2008.
- ASSAD, E. D. *et al.* Sistema de previsão da safra de soja para o Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 5, p. 615–625, 2007.
- ASSENG, S. *et al.* Uncertainty in simulating wheat yields under climate change. *Nature Climate Change*, v. 3, p. 827–832, 2013. Disponível em: doi.org/10.1038/nclimate1916. Acesso em: 02 out. 2019.
- BAIGORRIA, G. A.; JONES, J. W. GIST: A stochastic model for generating spatially and temporally correlated daily rainfall data. *Journal of Climate*, v. 23, 5990–6008, 2010. Disponível em: doi.org/10.1175/2010JCLI3537.1. Acesso em: 02 out. 2019.
- BOOTE, K. J. *et al.* Potential uses and limitations of crop models. *Agronomy Journal*, v. 88, n. 5, p. 704–16, 1996. Disponível em: doi.org/10.2134/agronj1996.00021962008800050005x. Acesso: 02 out. 2019
- BRUINSMA, J. *World Agriculture: towards 2015/2030*. Rome: FAO; London: Earthscan, 2003. Disponível em: fao.org/3/a-y4252e.pdf. Acesso em: 13 jan. 2016.
- CARVALHO, K. S. *et al.* Assessing sugarcane evapotranspiration based on a biophysical approach. *International Journal of Current Research*, v. 9, n. 4, p. 48601–48610, 2017.

CARVALHO, K. S. *et al.* Effect of soil straw cover on evaporation, transpiration, and evapotranspiration in sugarcane cultivation. *Australian Journal of Crop Science*, v. 13, n. 8, p. 1835–2707, 2019.

DOURADO-NETO, D. *et al.* Principles of crop modelling and simulation: II. The implications of the objective in model development. *Scientia Agricola*, v. 55, p. 46-57, 1998.

JONES, J. W. *et al.* The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, v. 18, n. 3-4, p. 235-65, 2003.

KEATING, B. A. *et al.* An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *European Journal of Agronomy*, v. 18, n. 3-4, p. 267-88, 2003.

LOBELL, D. B. *et al.* Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 34, p. 179-204, 2009. Disponível em: doi.org/10.1146/annurev.environ.041008.093740. Acesso em: 02 out. 2019.

MARIN, F. R. *Evapotranspiração, transpiração e balanço de energia em pomar de lima ácida 'Tahiti'*. 2000. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

_____. *Evapotranspiração e transpiração máxima em cafezal adensado*. 2003. 118 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

_____. *Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos*. 2014. 262 p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R. Irrigation requirements and transpiration coupling to the atmosphere of a citrus orchard in southern Brazil. *Agricultural Water Management*, v. 98, n. 6, p. 1091-1096, 2011.

MARIN, F. R. *et al.* Construção e avaliação de psicrômetro aspirado de termopar. *Scientia Agricola*, v. 58, n. 4, p. 839-844, 2001. Disponível em: dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000400028. Acesso em: 02 out. 2019.

MARIN, F. R. *et al.* Evapotranspiration and irrigation requirements of a coffee plantation in Southern Brazil. *Experimental Agriculture*, v. 41, n. 2, p. 1-11, 2005.

MARIN, F. R. *et al.* Fluxo de seiva pelo método do balanço de calor: base teórica, qualidade das medidas e aspectos práticos. *Bragantia*, v. 67, n. 1, p. 1-14, 2008.

MARIN, F. R. *et al.* Climate change impacts on sugarcane attainable yield in southern Brazil. *Climatic Change*, v. 117, n. 1-2, p. 227-39, 2013.

MARIN, F. R. *et al.* How can crop modeling and plant physiology help to understand the plant responses to climate change? A case study with sugarcane. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v. 26, n. 1, p. 49-63, 2014. Disponível em: doi.org/10.1007/s40626-014-0006-2. Acesso em: 02 out. 2019.

MARIN, F. R. *et al.* Crop coefficient changes with reference evapotranspiration for highly canopy-atmosphere coupled crops. *Agricultural Water Management*, v. 163, p. 139-145, 2016. Disponível em: doi.org/10.1016/j.agwat.2015.09.010. Acesso em: 02 out. 2019.

MARIN, F. R. *et al.* Revisiting the crop coefficient–reference evapotranspiration procedure for improving irrigation management. *Theoretical and Applied Climatology*, 2019. Disponível em: doi.org/10.1007/s00704-019-02940-z. Acesso em: 02 out. 2019.

NASSIF, D. S. P. *et al.* The role of decoupling factor on sugarcane crop water use under tropical conditions. *Experimental Agriculture*, 2019, p. 1–11. Disponível em: doi.org/10.1017/S0014479718000480. Acesso em: 02 out. 2019.

OLIVEIRA, R. K. Fluxos de CO₂, água e energia em área de renovação de canavial com cultivo de soja. 2018. 61 p. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OVERMAN, A. R.; SCHOLTZ, R. V. III. Mathematical models of crop growth and yield. *Annals of Botany*, v. 91, n. 3, p. 403-404, 2003. Disponível em: doi.org/10.1093/aob/mcg027. Acesso em: 02 out. 2019.

PALOSUO, T. *et al.* 2013. How to assess climate change impacts on farmers' crop yields? In: IMPACTS WORLD 2013 – International Conference on Climate Change Effects, 2013, Postdam. *Anais...* Postdam: Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2013, p. 327-334. Disponível em: gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/item/escidoc:152514:5/component/escidoc:152588/Impacts_World_2013.pdf. Acesso em: 15 nov. 2019.

PILAU, F. G. Saldo de radiação da copa de laranjeira num pomar e de renques de cafeeiros: medidas e estimativas, 2005. *Tese* (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PILAU, F. G.; ANGELOCCI, L. R. Radiation balance of an orange tree in orchard and its relation with global solar radiation and grass net radiation. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 15, p. 257-266, 2007.

_____. Balanço de radiação de copas de cafeeiros em renques e suas relações com radiação solar global e saldo de radiação de gramado. *Bragantia*, Campinas, v. 73, p. 335-342, 2014.

_____. Leaf area and solar radiation interception by orange tree top. *Bragantia*, Campinas, v. 74, n. 4, p. 476-482, 2015.

_____. Padrões de interceptação de radiação solar por cafeeiros em função da área foliar. *Coffee Science*, v. 11, n. 1, p. 127-136, 2016.

RIGHI, E. Z. *et al.* Energy balance of a young drip-irrigated coffee crop in southeast Brazil: an analysis of errors and reliability of measurements by the Bowen ratio method. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 15, p. 267-279, 2007.

ROSENZWEIG, C.; PARRY, M. L. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367 (6459): p. 133-138, 1994. Disponível em: ecoethics.net/cyprus-institute.us/PDF/Rosensweig-Food-Supply.pdf. Acesso em: 02 out. 2019.

ROSENZWEIG, C. *et al.* Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, January, 201222463, 2013. Disponível em: doi.org/10.1073/pnas.1222463110. Acesso em: 02 out. 2019.

RÖTTER, R. P. *et al.* Crop-climate models need an overhaul. *Nature Climate Change*, v. 1, p. 175-77, 2011.

RÖTTER, R. P. *et al.* Simulation of spring barley yield in different climatic zones of Northern and Central Europe: a comparison of nine crop models. *Field Crops Research*, v. 133, p. 23-36, 2012. Disponível em: sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429012001098. Acesso em: 02 out. 2019

SEMENOV, M.; STRATONOVITCH, P. Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Climate Research*, v. 41, n. 1, p. 1-14, 2010.

SILVA, Evandro H. F. M. da *et al.* Soybean irrigation requirements and canopy-atmosphere coupling in southern Brazil. *Agricultural Water Management*, v. 218, p. 1-7, 2019. Disponível em: doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.003. Acesso em: 02 out. 2019.

Sinclair, T. R.; SELIGMAN, N. G. Crop modeling: from infancy to maturity. *Agronomy Journal*, v. 88, n. 5, p. 698-704, 1996.

SOBENKO, L. R. *et al.* Irrigation requirements are lower than those usually prescribed for a maize crop in southern Brazil. *Experimental Agriculture*, v. 55, n. 4, 662-671. Disponível em: doi.org/10.1017/S0014479718000339. Acesso em: 02 out 2019.

Thornley J. H. M.; JOHNSON I. R. *Plant and crop modeling: a mathematical approach to plant and crop physiology*. Caldwell, NJ: Blackburn, 2000.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects 2019*, Online Edition, 2019. Disponível em: population.un.org/wpp/Download/Standard/Population. Acesso: 01 set. de 2019.

VAN REES, H. *et al.* Leading farmers in South East Australia have closed the exploitable wheat yield gap: prospects for further improvement. *Field Crops Research*, v. 164, p. 1-11, 2014.

VIANNA, M. S. *et al.* *Modelo Agrometeorológico Genérico de Produção Vegetal (MAGé)*. Piracicaba: ESALQ, 2017.

Demandas tecnológicas na agricultura urbana intensiva

Antonio Bliska Júnior¹

Flávia Maria de Mello Bliska²

Wellington Mary³

Resumo: Nos últimos 20 anos cresce no mundo todo o interesse pela produção agrícola, para fins alimentícios ou não, em áreas urbanas ou periurbanas – Agricultura Urbana. Contribuem para esse movimento a preocupação da sociedade e dos formuladores de políticas públicas de desenvolvimento local e regional com a ocupação de espaços ociosos, com a ampliação de áreas verdes, mitigação de enchentes e de ilhas de calor nas metrópoles, com a intensificação da demanda de alimentos e com as mudanças no modo de produzir e consumir alimentos saudáveis e funcionais. Aos benefícios vinculados ao planejamento da ocupação urbana e ao bem-estar da população somam-se benefícios socioeconômicos, como a utilização de mão de obra e insumos disponíveis no entorno ou dentro da área urbana e a redução dos custos de logística mediante a proximidade entre produtores e consumidores e a consequente redução no uso de combustíveis fósseis, contribuindo para a sustentabilidade do sistema produtivo. A Agricultura Urbana compreende alimentos de origem vegetal ou animal, sejam produzidos de forma convencional, sofisticada ou exclusiva (como brotos, micro verdes e mini hortaliças), plantas ornamentais e para extração de fármacos. A produção vegetal pode ocorrer tanto ao ar livre como em ambientes protegidos, no solo ou por meio do cultivo intensivo, com ou sem substratos, com ou sem luz artificial, ou ainda com diferentes níveis de automação e controle ambiental, através do monitoramento de temperatura e uso desumidificadores para manutenção da sanidade vegetal. Além disso, ela precisa atentar à economia de água e insumos, para obter maior eficiência energética. A Agricultura Urbana também pode proporcionar maior contato das pessoas com a natureza e incorporar atividades educacionais e terapêuticas. Porém, a transferência dos sistemas de produção agrícola do campo para a área urbana pode exigir soluções tecnológicas específicas, com diferentes níveis de complexidade e estratégias competitivas e organizacionais, visando à sustentabilidade dos novos modelos de negócio (Indústria 4.0) e de planejamento urbano. Por conseguinte, o objeto deste artigo é identificar as demandas tecnológicas da agricultura urbana, quanto à produção intensiva de plantas em ambientes altamente controlados,

1 Doutor em Engenharia Agrícola pela UNICAMP. cv Lattes: lattes.cnpq.br/9999870739203731. E-mail: bliskajr@unicamp.br.

2 Doutora em Ciências (Economia Rural) pela USP. cv Lattes: lattes.cnpq.br/4488816707615254. E-mail: bliska@iac.sp.gov.br.

3 Doutor em Engenharia Agrícola pela UNICAMP. cv Lattes: lattes.cnpq.br/8251458624954915. E-mail: wmary2@hotmail.com.

tendo em vista a eficiência do sistema produtivo, quanto à sua produtividade, qualidade e rentabilidade, por meio de análise diagnóstica, através de dados secundários e entrevistas com agentes-chave na cadeia produtiva.

Palavras-chave: Inovações tecnológicas. Prospecção de demandas. Agricultura urbana.

Technological requirements in intensive urban farming

Abstract: In the last twenty years, there has been a worldwide growth of interest in agricultural production, whether for reasons of food or not, in urban or peri-urban areas – Urban Agriculture. Factors that have contributed to this growth are the concern of society and of local and regional policy makers with the use of inactive spaces, the expansion of green areas, flood mitigation and heat islands in the large cities, with the intensification of the demand for food and changes in the way we produce and consume healthy and functional foods. In addition to the benefits to urban development and public well-being, there are socioeconomic benefits such as using labor and inputs available in the environment as well as the reduction of logistics costs because of the proximity between producers and consumers and the consequent reduction in the use of fossil fuels, which contribute to the sustainability of the productive system. Urban agriculture produces food of vegetable or animal origin, whether produced in a conventional, advanced, or highly specialized manner (such as sprouts, micro greens and mini vegetables), ornamental plants and plants for drug extraction. Crop production can take place both outdoors and in protected environments, on the soil or through intensive cultivation, with or without substrates, with or without artificial light. Different degrees of automation are possible as well as environmental control through temperature monitoring or the use dehumidifiers to sustain plant health. In addition, a focus on water and input savings for greater energy efficiency is necessary. Urban agriculture can also provide greater contact for people with nature and incorporate educational and therapeutic activities. The transfer of agricultural production systems from the field to the urban area may also require specific technological solutions, involve different levels of complexity and call for specific competitive and organizational strategies, aiming at the sustainability of new business models (Industry 4.0) and urban planning. The aim of this article is hence to identify the technological demands of urban agriculture with regard to the intensive production of plants in highly controlled environments with respect to the efficiency of the productive system, to their productivity, quality and profitability. The paper offers a diagnostic through secondary data and interviews with key agents in the production chain.

Keywords: Technological innovation in agriculture. Agricultural product demands. Urban agriculture.

Agricultura Urbana: conceitos

Nos últimos 20 anos a preocupação da sociedade e dos formuladores de políticas públicas de desenvolvimento local e regional com a alimentação da população mundial é crescente, principalmente em função do aumento da população urbana em detrimento da população rural (FAO, 2018). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2018), 30% da população mundial residiam em áreas urbanas em 1950; em 2018, esse percentual atingiu 55%; e até o ano 2050 deverá alcançar os 68%.

No Brasil, o processo de urbanização se mantém acelerado e apresenta grande diversidade de realidades; no entanto, principalmente nos países em desenvolvimento, as raízes do ser humano com a terra nunca foram totalmente perdidas e vegetais e animais continuaram a ser produzidos ou criados nas áreas urbanas (UNDP, 1996).

À preocupação com a segurança alimentar e à contaminação por lixiviação de fertilizantes e defensivos agrícolas somam-se as preocupações com a ocupação de espaços ociosos nos centros urbanos, com a ampliação de áreas verdes e com a mitigação de enchentes e de ilhas de calor nas metrópoles. Conseqüentemente, tem aumentado de forma significativa o interesse mundial pela produção agrícola, para fins alimentícios ou não, em áreas urbanas ou periurbanas.

De forma concisa, a agricultura urbana procura soluções para resolver ou enfrentar os distintos desafios do desenvolvimento, estimulada por uma rede intrincada de fatores complexos (MOUGEOT, 2000a, 2000b).

Agricultura urbana é a praticada dentro (intra-urbana) ou na periferia (periurbana) dos centros urbanos (sejam eles pequenas localidades, cidades ou até megalópolis), onde cultiva, produz, cria, processa e distribui uma variedade de produtos alimentícios e não alimentícios, (re)utiliza largamente os recursos humanos e materiais e os produtos e serviços encontrados dentro e em torno da área urbana, e, por sua vez, oferece recursos humanos e materiais, produtos e serviços para essa mesma área urbana. (MOUGEOT, 2000b, p. 5)

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação — FAO (FAO, 2001; 2009; 2014; 2016), a agricultura urbana e periurbana, também citada como AUP, fornece produtos alimentícios de diferentes tipos. Desde vegetais, tais como grãos, tubérculos, legumes,

cogumelos e frutos, até animais, tais como aves, coelhos, cabras, ovelhas, gado, porcos, porquinhos-da-índia e peixes (aquicultura em pequena escala). Além dos produtos convencionais, a agricultura urbana pode compreender a produção de alimentos sofisticados ou exclusivos, como brotos, microverdes, mini-hortaliças e cogumelos. Também fornece produtos não alimentícios, tais como ervas aromáticas, plantas para extração de fármacos e plantas ornamentais, além dos serviços ecológicos propiciados pela agricultura, silvicultura e pesca. A Agricultura Urbana também pode proporcionar maior contato das pessoas com a natureza e incorporar atividades educacionais e terapêuticas.

Normalmente, as definições de Agricultura Urbana se referem aos sistemas de produção; porém, ultimamente também se incluem o processamento e a comercialização, assim como as interações entre todas essas fases (MOUGEOT, 2000a).

Existem ainda os produtos arbóreos, por meio do manejo de árvores para produção de frutas e lenha, bem como árvores em sistemas integrados e geridos com culturas (agroflorestas). Ou seja, a colheita de produtos arbóreos se enquadra também na definição de florestas urbanas. A FAO define as florestas urbanas como redes ou sistemas que compreendem as florestas, grupos de árvores e árvores individuais localizadas em áreas urbanas e periurbanas — a silvicultura urbana e periurbana (SUP), com desafios que a diferenciam da silvicultura convencional (FAO, 2016).

A SUP pode ser abordada de forma integrada, interdisciplinar, participativa e estratégica para o planejamento e gestão de árvores e recursos naturais nas áreas urbanas e periurbanas, por seus benefícios econômicos, ambientais e socioculturais. Também pode consistir no plantio de árvores onde nunca existiram antes, no aumento da vegetação natural existente ou na harmonização da expansão urbana em espaços verdes. Essa abordagem reúne o manejo de uma única árvore com o gerenciamento do ecossistema e infraestrutura urbana verde, levando-se em conta bacias hidrográficas municipais, habitats de vida selvagem, oportunidades de recreação ao ar livre, projeto paisagístico, reciclagem de resíduos municipais e a colheita de produtos arbóreos. Ou seja, representa a fusão de disciplinas tais como arboricultura ornamental, horticultura, silvicultura, arquitetura paisagista, urbanismo e design e ciências ambientais.

Além disso, pode auxiliar a alcançar a segurança alimentar e nutricional, fornecer meios de subsistência, aliviar a pobreza, reduzir riscos de desastres naturais, apoiar estratégias de adaptação e mitigação da mudança climática e criar oportunidades recreativas, culturais e sociais, de forma similar à agricultura urbana e periurbana. As definições de silvicultura urbana apresentadas por autores tal como Konijnendijk, Gauthier

e Van Veenhuizen (2004), em sua essência são similares à definição da FAO, que tem publicado estudos sobre florestas urbanas há mais de três décadas.

Agricultura e silvicultura urbanas se inserem no conceito de agricultura urbana linear (SMIT, 2004), praticada em espaços urbanos/periurbanos lineares em geral subutilizados, tais como em cercas que circundam, protegem e limitam inclusive instituições públicas, desde parques infantis e hospitais até áreas de serviço ao longo das rodovias e ferrovias, que podem ser formadas por espécies trepadeiras de hortifrúti. Também se enquadram nessa classificação áreas sob as linhas de transmissão elétrica. A mais conhecida infraestrutura verde linear presente nas cidades são as árvores ao longo das vias públicas ou privadas, em geral para embelezamento ou sombra, mas que podem também produzir alimentos, produtos medicinais e insumos para artesanatos.

A agricultura urbana e periurbana pode ocorrer tanto ao ar livre, no solo, em sistemas de produção convencional ou orgânico (AQUINO; ASSIS, 2007), como por meio do cultivo intensivo, em estufas ou outros ambientes protegidos. Nos ambientes protegidos, o cultivo pode ocorrer com ou sem iluminação natural, em sistemas orgânico ou hidropônico com ou sem substratos, com ou sem luz artificial, ou ainda com diferentes níveis de automação e controle ambiental, por meio do monitoramento de temperatura e uso desumidificadores para manutenção da sanidade vegetal. Além disso, a agricultura urbana e periurbana precisa atentar à economia de água e insumos, no caso da hidroponia, ao preparo e recirculação de soluções nutritivas, bem como ao seu tratamento e descarte.

Aos benefícios vinculados ao planejamento da ocupação urbana e ao bem-estar da população somam-se benefícios socioeconômicos, como a utilização de mão de obra e insumos disponíveis no entorno ou dentro da área urbana e a redução dos custos de logística mediante a proximidade entre produtores e consumidores e a conseqüente redução no uso de combustíveis fósseis, contribuindo para a sustentabilidade econômica, social e ambiental do sistema produtivo.

Porém, a transferência dos sistemas de produção agrícola do campo para a área urbana pode exigir soluções tecnológicas específicas, com diferentes níveis de complexidade e estratégias competitivas e organizacionais, visando à sustentabilidade dos novos modelos de negócio e de planejamento urbano.

Por conseguinte, o objeto deste artigo é identificar as demandas tecnológicas da agricultura urbana, quanto à produção intensiva de plantas em ambientes altamente controlados, tendo em vista a eficiência do sistema produtivo, quanto à sua produtividade, qualidade e rentabilidade, por

meio de análise diagnóstica, por meio de dados secundários e entrevistas com agentes-chave na cadeia produtiva.

Ou seja, identificar quais as tecnologias que já se encontram disponíveis para atender às necessidades da agricultura urbana e quais os pontos críticos dos sistemas produtivos atuais que demandam soluções tecnológicas que atendam aos novos modelos de negócio e de planejamento urbano, visando principalmente a produtividade, qualidade do produto final, automação e controle digital e remoto crescentes, tanto do ambiente como das atividades de manejo, além de redução no consumo de água e insumos, redução de desperdícios e de resíduos.

Estado da arte: a agricultura urbana pelo mundo

A literatura científica mostra que no mundo há diferentes categorias de agricultores urbanos (AQUINO; MONTEIRO, 2005; FAO, 2009), que podem atuar formal ou informalmente, individualmente ou em família, ou ainda organizados em grupos, tais como organizações não governamentais, associações ou cooperativas. Parte significativa deles é representada pela população mais pobre, que migrou de áreas rurais. Outros são de origem urbana e têm na agricultura uma estratégia de subsistência. Nessas categorias as mulheres e os idosos se destacam. Outra parte dos agricultores urbanos é representada por funcionários públicos de classe média, tais como professores envolvidos na agricultura. Porém, há também empresários que buscam investimentos economicamente sustentáveis, com intersecção ou não com atividades socioculturais, lazer ou agroecologia.

A agricultura urbana de subsistência é muito importante em grande parte do mundo, como no Oriente Médio (inclusive Israel), África (Norte e Subsaariana), Ásia (Central, Sul, Leste e Sudeste), Europa Oriental, América Latina e Caribe, onde se destacam iniciativas em Havana (Cuba), Cidade do México (México), Antígua e Barbuda, Tegucigalpa (Honduras), Manágua (Nicarágua), Quito (Equador), Lima (Peru), El Alto (Bolívia), Belo Horizonte (Brasil) e Rosário (Argentina). Em algumas localidades chega a envolver mais de 10% da população urbana, sendo muito importante para a segurança e saúde nutricional das populações. Porém, muitas vezes não há apoio de políticas específicas; o reconhecimento da sociedade é variável; e frequentemente é uma atividade secundária, de envolvimento parcial (AQUINO; MONTEIRO, 2005; FAO, 2007; 2014).

Exemplos de agricultura urbana linear podem ser encontrados em áreas de serviço ao longo das rodovias e ferrovias cultivadas em cidades como Oslo (Noruega) e Windhoek (Namíbia); áreas sob as linhas de trans-

missão elétrica no Rio de Janeiro e Los Angeles. Árvores de Neem nas calçadas para uso medicinal e produção artesanal, além de paisagismo em Thies (Senegal) e Port-au-Prince (Haiti). Programas para produzir frutas em áreas verdes ao longo das ruas para servirem às agências de serviço social são encontradas na Argentina e Chile (SMIT, 2004).

Também são observadas experiências interessantes e eficientes de agricultura urbana em diferentes regiões metropolitanas europeias, como em Paris (França), Londres (Inglaterra), São Petersburgo (Rússia), Lisboa (Portugal) e Wageningen (Holanda) (MADALENO, 2001).

No Brasil há iniciativas públicas e de organizações não governamentais (ONGs) voltadas à arborização com espécies nativas e frutíferas, bem como para implantação e hortas comunitárias, desde a década de 1990. Geralmente à mercê de políticas locais, algumas iniciativas, além de Belo Horizonte, foram bem-sucedidas, como Belém, Campinas, Campos, Itaboraí, Niterói, Manaus, Piracicaba, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, São Paulo, Teresina e Vitória de Santo Antão, dentre inúmeras, nas diferentes unidades da Federação. Outras não sobreviveram, como o Programa de Verticalização da Pequena Produção Agrícola — Prove, no Distrito Federal, entre 1995 e 1998. Porém, o mesmo programa obteve sucesso a partir de 1999 tanto no Mato Grosso do Sul quanto em outros países (MADALENO, 2001; AQUINO; MONTEIRO, 2005; ARRUDA, 2006; ARRUDA, 2011; FERREIRA, 2013; EMBRAPA, 2019).

A maior parte dos exemplos citados está alicerçada no cultivo no solo, em sistema convencional ou com alguma vertente agroecológica. Porém, há também produção intensiva, em ambientes protegidos. Desta forma, a possibilidade de produção em escala comercial, especializada ou diversificada pode tornar a AU uma opção de geração de renda direta e indireta.

AU com nível elevado de automação

As experiências que compreendem o uso de luz artificial (MEDINA, 2018), com níveis elevados de automação e controle ambiental, por meio do monitoramento de temperatura e uso desumidificadores para manutenção da sanidade vegetal, em geral demandam investimentos elevados em tecnologia e capital. Há exemplos de diferentes dimensões, níveis tecnológicos, aportes financeiros e tempo de atuação no mercado, no mundo todo.

O exemplo de agricultura urbana apresentado a seguir ilustra acertadamente o objeto deste estudo. Trata-se de uma fazenda vertical, no Japão, com 2.300 m², idealizada após o terremoto e o tsunami de 2011, em

uma fábrica de semicondutores desativada. A produção intensiva, com parâmetros de produção controlados de forma rigorosa, utiliza cultivo hidropônico e 17.500 diodos emissores de luz (LEDs) ajustados para emitir luz branca e rósea (nas frequências adequadas para a variedade de alface), aliados ao ajuste adequado de temperatura e umidade. O objetivo é alcançar a melhor combinação de fotossíntese durante o dia e fotorrespiração vegetal durante a noite com o controle ambiental. Esse processo resulta na produção equivalente a 10.000 pés de alface/dia ou cinco pés de alface/m²/dia, produtividade por metro quadrado 100 vezes superior à do cultivo convencional. Além da alta produtividade, há redução de 40% no consumo energético, 99% no consumo de água e de 80% nos desperdícios resultantes, por exemplo, do manuseio e armazenamento inadequados ou causado por insetos. Um projeto viabilizado mediante parceria e investimento tecnológico e financeiro de uma empresa do setor elétrico-eletrônico e anos de desenvolvimento tecnológico. Foi criada uma série de sensores e sistemas de análise informatizada para que todos os recursos utilizados sejam aproveitados ao máximo, incluindo a utilização de sistemas de monitoramento e controle remoto, para aumentar a autonomia e facilitar o trabalho na “fazenda”. O processo de plantio, manejo e colheita é realizado por trabalhadores humanos e máquinas específicas para esse sistema de produção. No futuro, o cultivo de folhosas — como alface, acelga e couve — deverá ser mantido. E o desafio será automatizar todo o processo produtivo, o que ainda demanda desenvolvimento e/ou disponibilização de alguns tipos de robôs (TEIXEIRA, 2014; HAMANN, 2015).

O plástico dos filmes de cobertura das estufas caminha para se tornar não somente um elemento de proteção das plantas ou de transformação do espectro de radiação incidente, mas também para gerar energia como um verdadeiro painel fotovoltaico. Feito de componentes semicondutores baseados em polímeros orgânicos, aplicados como tinta em finas camadas usando um processo de recobrimento para constituir filmes finos, flexíveis e transparentes (ASCA, 2019).

Referencial teórico

A gestão dos sistemas produtivos geralmente tem como metas maximizar a produção biológica e/ou econômica, bem como a eficiência do sistema para determinado cenário socioeconômico; minimizar os custos de produção; atingir padrões específicos de qualidade; proporcionar sustentabilidade ao sistema; e garantir competitividade ao produto. Nos sistemas agrícolas, os elos mais comuns são os consumidores do produto

final, a rede de atacadistas e varejistas, as agroindústrias, as empresas agrícolas e os fornecedores de insumos e serviços à produção agrícola. Estes componentes estão inseridos em um ambiente institucional (que engloba, por exemplo, leis, normas e instituições normativas) e em um ambiente organizacional (instituições de governo e de crédito, por exemplo), os quais, em conjunto, influenciam os componentes do sistema (CASTRO, COBBE e GOELDERT, 1995; CASTRO *et al.*, 1998; CASTRO, 2001).

Na atividade agrícola há elementos que afetam os resultados econômicos. Os fatores internos à empresa — tais como estratégias e planejamento do processo produtivo, recursos humanos, informações, conhecimento e capacitação — podem ser controlados. Os elementos de natureza externa não são controlados, tais como os preços dos produtos e insumos, clima, políticas agrícolas e mercado (ROMEIRO, 2002). Portanto há um risco, definido como a possibilidade de perigo, incerteza, ameaça de dano, evidenciando a dificuldade de atuar nesse segmento da atividade econômica (HOAUISS, 2001). Estratégias, planejamento e o sistema de gestão como um todo contribuem para a limitação dos riscos.

De acordo com Castro, Cobbe e Goeldert (1995), Castro *et al.* (1998) e Castro (2001), com o propósito de tornar mais precisa e eficaz a gestão das empresas, em especial a formulação de estratégias, algumas técnicas prospectivas têm sido utilizadas. Essas técnicas envolvem a compreensão sobre o desempenho passado e futuro de cadeias produtivas para determinação de fatores críticos de competitividade, modelagem e análise de fluxos de materiais e de capitais na cadeia; para análise preliminar de mercado, de ambientes organizacional e institucional e de processos (da cadeia em questão e competidores); para análise comparativa da estrutura de comercialização varejista e atacadista, de processo produtivo agroindustrial e agrícola, e da estrutura de fornecimento de insumos.

Este estudo de prospecção tecnológica foi realizado segundo Castro, Cobbe e Goeldert (1995), Castro *et al.* (1998) e Castro (2001). Primeiramente, caracterizou-se a agricultura urbana quanto aos seus componentes, consumidores de seus produtos, características dos sistemas de produção comumente utilizados, posição relativa dessa cadeia produtiva no negócio agrícola, limites e relações com o ambiente externo. Observaram-se os objetivos da agricultura urbana, seus padrões atuais e aqueles que se pretende atingir, as variáveis críticas e seus principais impactos na eficiência e competitividade da cadeia.

Segundo os mesmos autores, realizou-se ampla revisão de informações secundárias bem como o levantamento de informações primárias sobre o desempenho e competitividade da agricultura urbana e a agricultura em áreas rurais. O levantamento de dados primários foi realizado segun-

do a técnica de *Rapid Rural Appraisal* (TOWNSLEY, 1996). Na fase prospectiva do estudo foi aplicada técnica prospectiva de Cenários Tendenciais e Exploratórios, para reflexão sobre desempenhos futuros de alguns dos fatores críticos de competitividade especificamente para a agricultura intensiva, em ambientes altamente controlados, que possam ser praticadas em áreas urbanas e periurbanas, e aplicou-se um questionário análogo ao utilizado na Técnica Delphi, de acordo com Castro *et al.* (2001).

A técnica Delphi busca consenso entre especialistas sobre eventos futuros por meio da avaliação intuitiva coletiva, baseada no seu conhecimento e experiência. Essa técnica garante o anonimato entre os respondentes, estimula sua criatividade, trabalha em ambientes com séries históricas deficientes (típico nos sistemas produtivos agrícolas), tem enfoque interdisciplinar e considera perspectivas de mudanças tendenciais (rupturas). Por meio de um questionário análogo ao Delphi, aplicado em julho de 2019, a um grupo de especialistas, avaliaram-se as seguintes questões:

- Intenção em investir tempo (mão de obra) e/ou recursos financeiros na produção comercial de vegetais em ambientes controlados especificamente em espaços urbanos nos próximos cinco anos (agricultura urbana ou periurbana).
- Identificação das tecnologias disponíveis para cultivo intensivo e comercial de plantas e essenciais à produção em ambientes altamente controlados (*indoor*), tal como no aproveitamento de edificações urbanas.
- Identificação das tecnologias disponíveis para cultivo intensivo e comercial de plantas que demandam aperfeiçoamentos e adaptações tecnológicas específicas para a produção em ambientes altamente controlados, tal como no aproveitamento de edificações urbanas.
- Identificação dos aspectos da produção intensiva e comercial de plantas, em ambientes altamente controlados, que demandam pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.

O questionário foi aplicado entre julho e agosto de 2019, por meio de *WhatsApp*, em grupo especial, cuja configuração não permite a identificação dos participantes. A seleção do método de aplicação priorizou a agilidade e custo de comunicação do questionário. Foram convidados a participar do estudo 172 especialistas vinculados ao segmento de horti-frutigranjeiros, dentre fornecedores de insumos e serviços, empresários

agrícolas, pesquisa científica, assistência técnica e extensão rural. A taxa de retorno foi de 15,69% (27 respondentes) em um período de retorno de 10 dias.

Resultados da prospecção de demandas

A caracterização da agricultura urbana como um todo, quanto aos seus objetivos, componentes da cadeia, características dos sistemas de produção comumente utilizados, posição relativa da cadeia produtiva no negócio agrícola, limites e relações com o ambiente externo foram sintetizados nas seções iniciais deste artigo.

Os gargalos ou pontos de estrangulamento à competitividade e sustentabilidade da agricultura praticada em áreas urbanas e periurbanas de forma intensiva, em ambientes altamente controlados, foram identificados por meio dos 27 questionários efetivamente respondidos. Alguns dos gargalos podem ser críticos a ponto de inviabilizar a produção. Outros podem afetar a eficiência produtiva e a qualidade do produto final, mas geralmente não inviabilizam a produção.

Dos 27 respondentes, 66,67% pretendem investir tempo ou recursos financeiros na agricultura urbana nos próximos cinco anos, seja na produção agrícola propriamente dita, seja na pesquisa científica, assistência técnica ou desenvolvimento de insumos à produção ou na gestão da produção.

No Quadro 1 são apresentadas as tecnologias disponíveis para cultivo intensivo e comercial de plantas, que os respondentes consideram essenciais para a produção comercial em ambientes altamente controlados. Dos 27 respondentes, nove consideram que todas as tecnologias neces-

Tecnologias disponíveis ao cultivo intensivo de plantas, essenciais para a produção comercial em ambientes altamente controlados	Frequência da resposta
Fertirrigação	10
Iluminação artificial	8
Equipamentos para monitoramento das condições ambientais	5
Cultivo Sem Solo (Hidroponia/Substrato)	5
Material genético	2
Automação	1
Containers	1
Recipientes	1

Quadro 1. Tecnologias disponíveis para cultivo intensivo de plantas essenciais à produção comercial em ambientes altamente controlados.

sárias já estão disponíveis aos empresários, embora não sejam acessíveis em alguns países ou regiões.

No Quadro 2 são apresentadas as tecnologias disponíveis para cultivo intensivo de plantas que demandam estudos para aperfeiçoamentos ou adaptações específicas para a produção comercial em ambientes altamente controlados, enquanto no Quadro 3 são apresentados os aspectos que demandam pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias específicas para produção nos ambientes altamente controlados. Essas tecnologias são essenciais para sanar os gargalos à produção agrícola intensiva, em ambientes altamente controlados.

Tecnologias que demandam aperfeiçoamentos e adaptações para a produção de vegetais em ambientes altamente controlados	Frequência da resposta
Controle de luz — Iluminação artificial	8
Sistemas de injeção e controle para fertirrigação e aplicação de químicos de elevada precisão	3
Integração dos sistemas de automação (controladores, sensores e medidores) para hardware e software, para controlar parâmetros de produção, com recursos de mobilidade e conexão a plataformas digitais	3
Controle ambiente (de energia solar e/ou eólica)	2
Controle de pragas incluindo controle biológico	2
Solução nutritiva	2
Adubação orgânica	1
Acroponia	1
Captação de água da chuva	1
Float	1
Infraestrutura para sistemas fechados, recirculação da solução nutritiva	1
Plásticos modernos para cobertura de estufas, tubos para hidroponia ou outros componentes do sistema produtivo	1
Produção vertical	1
Tratamento de efluentes	1
Uso de plantas (ornamentais e outras) formando paisagismo no local	1

Quadro 2. Tecnologias para cultivo intensivo de plantas que demandam aperfeiçoamentos e adaptações tecnológicas específicas para a produção comercial em ambientes altamente controlados.

Aspectos do cultivo intensivo de plantas em ambientes altamente controlados que demandam pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias	Frequência da resposta
Comprimentos de onda	8
Variedades para condições com ciclo rápido, porte menor, teor nutritivo maior, eficiente na luz artificial	6
Novas moléculas para plásticos especiais	3
Aplicação de CO ₂	2
Colheita mecanizada	2
Dissipação de calor	1
Drones	1
Efeitos da poeira urbana	1
Emissores com alta uniformidade de distribuição de água, com baixas vazões e reduzida pressão de operação	1
Fibras óticas luminescentes	1
Filmes fotovoltaicos	1
Inteligência Artificial	1
Polinização	1

Quadro 3. Aspectos da produção comercial de plantas em cultivo intensivo, em ambientes altamente controlados, que demandam pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.

Gargalos não tecnológicos da produção agrícola intensiva em ambientes altamente controlados	Frequência da resposta
Investimentos financeiros elevados (custo elevado)	6
Deficiência na capacitação dos empresários e colaboradores	4
Falta de informações/conhecimento por parte do empresário	4
Ausência ou deficiência nas políticas públicas para agricultura urbana	2
Deficiência na difusão das tecnologias disponíveis	2
Concentração de alguns segmentos da produção de insumos à produção agrícola, com atuação próxima a de oligopólios	1
Necessidade de realização de estudos de mercado	1

Quadro 4. Gargalos não tecnológicos da produção agrícola intensiva e comercial em ambientes altamente controlados.

Dentre os gargalos tecnológicos identificados, aqueles considerados críticos, hierarquizados em ordem decrescente de importância são: iluminação artificial, fertirrigação, controle de temperatura e umidade.

No Quadro 4 são apresentados os gargalos não tecnológicos à produção agrícola intensiva em ambientes altamente controlados.

Discussão dos resultados

A agricultura, tanto em áreas rurais quanto nas áreas urbanas e periurbanas, é dividida em dois públicos: um tradicional e outro empreen-

dedor. Este último tem maior facilidade de adoção de tecnologias digitais, as quais na última década têm contribuído de forma significativa para o retorno das gerações mais novas ao segmento agrícola.

A produção vegetal para alimentação ou outros fins, em áreas urbanas ou periurbanas, tem hoje à sua disposição um arsenal de ferramentas e soluções tecnológicas que permitem ao empresário controlar todo o ambiente produtivo, do plantio à colheita — e, o mais importante, em larga escala como até há pouco tempo não era possível. Devido à origem de diversas soluções tecnológicas serem oriundas de outras atividades (indústria, por exemplo) ou estarem em comercialização ou desenvolvimento por *startups*, em fase experimental, seu uso ainda não ocorre de forma sistematizada no campo. Neste cenário ocorre então um problema de acessibilidade à informação ou ao produto e serviço propriamente dito. Ainda que com o advento da *internet* e o uso de redes sociais o conhecimento circule com maior velocidade e capilaridade junto aos empreendedores agrícolas, seu alcance ainda é restrito.

Nos segmentos de irrigação, hidroponia e automação, como em outros segmentos, há uma evolução acelerada dos equipamentos. Desde o final da década de 90 existem estruturas de produção de folhosas baseadas em cultivos em lâminas de água (NFT) com canaletas móveis tracionadas automaticamente. Hoje, o foco das empresas é desenvolver emissores com alta uniformidade de distribuição de água, baixas vazões e reduzida pressão de operação para atender à demanda por sistemas de injeção e controle para fertirrigação e aplicação de agroquímicos. Aliada a isso, ocorrerá a plena integração dos sistemas de automação e IoT (internet das coisas), com farto uso de sensores e atuadores (tanto *hardware* quanto *software*) para controle dos parâmetros da produção de forma harmoniosa. A possibilidade do uso da luz artificial é de domínio público há algumas décadas, mas a exata resposta das plantas ao espectro de luz fotossinteticamente ativo ou radiação fotossinteticamente ativa (PAR), ainda não é de todo conhecida para cada espécie cultivada. O fator econômico e a eficiência energética também estão contrapondo diferentes tecnologias de iluminação artificial tais como: lâmpadas de pressão de sódio (HPS), xenônio e LED. O limitado conhecimento das respostas fisiológicas das plantas às alterações das condições ambientes também contribui para a lenta adoção de tecnologias já dominadas ou utilizadas em aplicações não agrícolas. Por exemplo, a desumidificação, que além de alterar o comportamento das plantas, é importante ferramenta no controle de fitopatógenos. O uso de *drones* para polinização, aplicação de agroquímicos ou sua aplicação

mais conhecida, de produção de imagens de alta definição, também trará incrementos importantes de produção e produtividade.

Tecnologias emergentes como a inteligência artificial (AI), a utilização de algoritmos para estimativas de produtividade, a nanotecnologia, utilizada em filmes plásticos fotovoltaicos para cobertura de estufas ou fibras óticas para iluminação artificial, entre outras com alta capacidade disruptiva, estão neste momento sendo geradas em incubadoras de empresas. O melhor exemplo talvez seja a utilização de luminárias inteligentes, equipadas com LED e “scanners” que prometem não somente a efetiva detecção precoce de doenças, como Botrytis e Míldio, mas também suprimir a capacidade de disseminação dessas doenças com o uso de comprimentos de onda específicos que impeçam o desenvolvimento de seus esporos.

Tudo isto colocará a horticultura, rural ou urbana, em um patamar de elevada sofisticação marcando definitivamente a entrada do segmento na era da agricultura de precisão.

Se na área rural a conectividade à internet ainda é um fator limitante, seja por deficiência de infraestrutura pública ou própria, no meio urbano não há este gargalo. Plataformas digitais que proporcionam a telemetria de diversas máquinas e equipamentos de automação e o monitoramento de condições do ambiente de produção são acessíveis por meio de interfaces móveis e fixas (*smartphones* e computadores), atendendo às necessidades da Indústria 4.0.

Em ambiente urbano existe ainda a possibilidade de integração espacial e energética dos ambientes controlados de produção com os espaços ocupados por habitações, escritórios de trabalho e áreas de prestação de serviços como shopping centers, aeroportos e outros. Essa integração pode ocorrer em ambientes fechados de armazéns e galpões adaptados, incluindo a ocupação dos telhados com estufas de cultivo (*greenhouse rooftop*) ou a céu aberto, com a denominação de telhados verdes.

A mudança do perfil do consumidor mais esclarecido em áreas urbanas mudou em função dos seus hábitos alimentares e consumo consciente. Atualmente, a busca por saciar a fome não é simplesmente pelo prazer em comer ou pelo sabor dos alimentos; mas, sim, por saciar a “fome de saúde”. Os alimentos saudáveis e funcionais estão presentes na dieta dessas pessoas e com alta demanda e a oferta ainda restrita. Isso abre a possibilidade de atender a produção “*in home*”, garantindo parte deste abastecimento para consumo próprio ou até mesmo como entretenimento, seja em espaços com solo (jardim) ou sistemas de cultivo mais

sofisticados e automatizados. Algumas iniciativas para elaboração de “kits ou sistemas portáteis” para produção caseira estão sendo desenvolvidas para o mercado interno a exemplo do que já existe no exterior; porém, ainda carentes de pesquisa e adequação à nossa realidade socioeconômica e cultural.

Outro gargalo diz respeito à formação do profissional que vai trabalhar nessa atividade. Ele deve atuar nas mais diferentes etapas do empreendimento, seja ele comercial ou não. Desde o planejamento do projeto, definição do mercado ou público-alvo, escolha das ferramentas, manejo agrônômico da cultura, aquisição de dados e sua interpretação até a tomada de decisão e gestão da atividade. Poucas instituições possuem conhecimento tão abrangente e capacidade de formação de um profissional pronto para atuar no mercado de trabalho. A contínua evolução tecnológica exige um permanente esforço de atualização do profissional da moderna agricultura.

Por esta razão, o desenvolvimento de ferramentas de suporte à gestão da produção visando à otimização dos resultados econômicos de forma ambientalmente sustentável será imprescindível para assegurar a produção de alimentos.

Há que se pensar ainda uma forma ou estratégia das novas tecnologias aplicada à produção em atender aos pequenos produtores que fazem parte dessa cadeia produtiva. Do ponto de vista econômico, segundo Arruda (2011), a produção em pequena escala advinda das atividades de agricultura urbana tem contribuído para a renda familiar, por meio da diminuição dos gastos com alimentação e saúde, das redes de troca e, eventualmente, da transformação e comercialização de excedentes de produção por meio da produção de alimentos para consumo próprio ou comunitário (em associações, escolas etc.), e eventual receita da venda dos excedentes.

Em resumo, há uma carência (lacuna) no mapeamento dos conhecimentos e produtos aplicáveis no processo produtivo e também de profissionais capacitados que dominem aspectos tão díspares como estratégias e planejamento, fisiologia vegetal, ambiência, irrigação, fertirrigação, genética, relações com os clientes, com os colaboradores e com a sociedade, controle da produtividade, custos de produção e rentabilidade. Para isso, a utilização de sistemas de gestão efetivos e informatizados é essencial. Tais sistemas se somam às tecnologias digitais utilizadas na automação do controle dos parâmetros da produção.

Referências

AQUINO, Adriana Maria de; ASSIS, Renato Linhares. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. 10, n. 1, 2007, p. 137-150.

AQUINO, Adriana Maria de; MONTEIRO, Denis. Agricultura urbana. In: AQUINO, Adriana Maria de; ASSIS, Renato Linhares. *Agroecologia Princípios e Técnicas para uma Agricultura Orgânica Sustentável*. Brasília: Embrapa, 2005, p. 186-198.

ARRUDA, Juliana. *Agricultura urbana e periurbana em Campinas/SP: análise do programa de hortas comunitárias como subsídio para políticas públicas*. 2006. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável). Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

ARRUDA, Juliana. *Agricultura urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: sustentabilidade e repercussões na reprodução das famílias*. 2011. 197 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais, em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ASCA, Asca OPV Films. Site. Disponível: en.asca.com/cell-solar-flexible-transparent/?ga=2.210332693.1049167792.1565471014-1466007116.1565471014. Acesso em: 10 ago. 2019.

CASTRO, Antônio Maria Gomes de. Prospecção de cadeias produtivas e gestão da informação. *Transinformação*, v. 13, n. 2, p. 55-72, 2001.

CASTRO, Antônio Maria Gomes de; COBBE, R. V.; GOEDERT, Wenceslau J. *Manual de prospecção de demandas para o SNPA*. Brasília: Embrapa, 1995. 85 p.

CASTRO, Antônio Maria Gomes de; LIMA, S. M. V.; GOEDERT, Wenceslau J. FREITAS FILHO, A; VASCONCELOS, J. R. P. (org.). *Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica*. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. 564 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Casos de sucesso em agricultura urbana são destaque no Green Rio. 2019. Site. Disponível em: embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/43928737/casos-de-sucesso-em-agricultura-urbana-sao-destaque-no-green-rio. Acesso em: 01 ago. 2019.

FAO. Urban and periurban agriculture. *The Special Programme for Food Security. Handbook Series*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. v. 3, 2001. 84 p.

_____. *Food, Agriculture and cities. Challenges of food and nutrition security, agriculture and ecosystem management in an urbanizing world. Agricultural Management, Marketing and Finance Occasional Paper 19.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. 45 p.

_____. *Profitability and sustainability of urban and periurban agriculture.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. 95 p.

_____. *Growing greener cities in Latin America and the Caribbean. An FAO report on urban and periurban agriculture in the region.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. 92 p.

_____. *Guidelines on urban and periurban forestry.* In: SALBITANO, Fabio; BORELLI, Simone; CONIGLIARO, Michela; CHEN, Yujuan (org.). *FAO Forestry Paper 178.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. 158 p.

_____. *The state of food security in the world. Building climate resilience for food security and nutrition.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. 202 p.

FERREIRA, Rubio José. *Agricultura urbana e periurbana e políticas públicas: contribuição à discussão do tema a partir de uma análise espacial em Recife e Vitória de Santo Antão/PE.* 2013, 231 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

HAMANN, Renan. *Plantação high-tech: por dentro da maior fazenda indoor do mundo.* *Tecmundo.* Site. Disponível em: tecmundo.com.br/tecnologia/77590-plantacao-high-tech-dentro-maior-fazenda-indoor-mundo.htm. Acesso em: 06 ago.2019.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa.* Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

KONIJNENDIJK, Cecil; GAUTHIER, Michelle; VAN VEENHUIZEN, René. *Árvores e cidades – crescendo juntas.* *Revista de Agricultura Urbana,* Editorial, Leusden, v. 13, 2004. Site. Disponível em: agriculturaurbana.org.br/RAU/AU13/AU13Edit.html. Acesso em: 01 ago. 2019.

MADALENO, Isabel Maria. *Cities of the future: urban agriculture in the third millennium.* Lisboa: FAO, 2001. Site. Disponível em: fao.org/3/Y1931M/Y1931M03.htm. Acesso em: 01 ago. 2019.

MEDINA, Camilo Lázaro. *Necessidade de energia luminosa e as Fábricas de Plantas.* *Revista Plasticultura,*(62) Set/Out, 2018, p.28-32.

MOUGEOT, Luc J. A. Urban agriculture: definition, presence, potentials and risks. In: Bakker *et al.* *Growing Cities, Growing Food, Urban Agriculture on the Policy Agenda*. Ottawa: International Development Research Centre (IDRC), 2000a, p. 1-42.

MOUGEOT, Luc J. A. Agricultura urbana – conceito e definição. *Revista de Agricultura Urbana*, Leusden, v. 1, 2000b, 5 p. Site. Disponível em: agriculturaurbana.org.br/RAU/AU01/AU1conceito.html. Acesso em: 01 ago. 2019.

ONU. Organização das Nações Unidas. Department of Economics and Social Affairs. *World Urbanization Prospects 2018. Highlights*. Nova Iorque: Nações Unidas (UM), 2018. Site. Disponível em: population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf. Acesso em: 06 ago. 2019.

SMIT, Jac. Agricultura urbana linear. *Revista de Agricultura Urbana*, Leusden, v. 13, 2004. Site. Disponível em: agriculturaurbana.org.br/RAU/AU13/AU13linear.html. Acesso em: 01 ago. 2019.

TEIXEIRA, Carlos Alberto. Japão tem maior fazenda ‘indoor’ do mundo iluminada a LED. *O Globo. Economia*. Site. Disponível em: oglobo.globo.com/economia/japao-tem-maior-fazenda-indoor-do-mundo-iluminada-led-13340476. Acesso em: 06 ago. 2019.

TOWNSLEY, P. Rapid Rural Appraisal (RRA), Participatory Rural Appraisal (PRA) and aquaculture. Rome: FAO. 1996. 109 p. Relatório Técnico. FAO. Fisheries Technical Paper, 358.

UNDP, UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. *Urban Agriculture: food, jobs and sustainable cities*. United Nations Development Programme. New York: Publication Series for Habitat II, v. 1, 1996.

Visão computacional na agricultura:

APIs de detecção e reconhecimento de doenças das plantas

Dora Kaufman¹

Lenilson Lemos Vilas Boas²

Resumo: As tecnologias de inteligência artificial (IA) estão permitindo identificar com mais precisão doenças em folhas de plantas por meio da análise de imagens, com efeitos benéficos sobre a agricultura (custo, eficiência, qualidade). O artigo apresenta os resultados de estudos desenvolvidos com o uso de três tecnologias (plataformas) distintas treinadas com o mesmo conjunto de 50 imagens de quatro doenças, indicando as características visuais de cada uma delas. O treinamento foi dividido em duas etapas: a primeira realizada com 30 imagens e a segunda com 20 imagens, e a validação e a análise do aprendizado foram realizadas a partir de 10 imagens. O propósito dos testes é comparar a assertividade de reconhecimento das doenças em cada tecnologia/plataforma. As doenças examinadas para o estudo são: *Peronospora (downy mildew)*, *Diplocarpon rosae (black spot)*, Oídio (*powdery mildew*) e Cancro cítrico. Os resultados mostraram-se positivos para a identificação das doenças por meio de imagens.

Palavras-chave: Aprendizado de Máquinas. Agricultura Digital. Imagens Digitais. API. Visão Computacional.

¹ Doutora na Escola de Comunicações e Artes pela USP.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/8045171889826285. E-mail: dkaufman@usp.br.

² Mestre em Tecnologias da Inteligência e Design Digital pela PUC-SP.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/7560669146487395. E-mail: lenilsonvb@hotmail.com.

Computer vision in agriculture: APIs for detection and recognition of plant diseases

Abstract: Artificial intelligence (AI) technology has made it possible to identify plant leaf diseases more accurately through image analysis, with beneficial effects to agriculture (cost, efficiency, quality). The article presents the results of studies using three distinct technologies (platforms) applied to one set of 50 images of four plant diseases, showing the visual characteristics of each of them. The study was divided into two stages. The first was carried out with 30 images and the second with 20. The learning progress and the validation analysis were carried out by means of 10 frames. The purpose of testing was to compare disease recognition assertiveness on each technology / platform. Images of the following plant diseases were investigated in this study: *Peronospora* (downy mildew), *Diplocarpon rosae* (black spot), powdery mildew and Citrus Canker. The results of the identification of the diseases through images were positive.

Keywords: Machine learning. Digital agriculture. Digital imaging. API. Computer vision.

Introdução

Agregar tecnologias digitais à agricultura traz ganhos para a cadeia de produção e para o consumo, impactando positivamente o desenvolvimento dos países comprometidos com esses investimentos. Segundo Fabrício Juntolli (2017, p. 1), “cerca de 67% das propriedades agrícolas do Brasil usam algum tipo de tecnologia, seja na área de gestão dos negócios ou nas atividades de cultivo e colheita da produção”. As tecnologias digitais facilitam o acesso do agricultor às informações estratégicas, tais como umidade do solo, previsões climáticas, áreas plantadas, estágio da colheita ou dados coletados por meio de sensores, dispositivos ou outras fontes de dados como sistemas e sites da internet. O conjunto dos diversos dispositivos interconectados é conhecido como *Internet of Things*, IoT (Internet das Coisas) (cf. ATZORI, 2010). A ideia básica da IoT consiste em conectar uma diversidade de objetos que interagem e cooperam entre si a fim de atingir um objetivo comum.

A taxa de disseminação de uma doença em plantas depende das condições atuais da cultura e da suscetibilidade à infecção (LUCAS *et al.*, 1992). As plantas submetidas a algum tipo de estresse podem exibir uma série de sintomas como manchas coloridas ou raias nas folhas, nos caules e nas sementes; esses sintomas visuais alteram continuamente a cor, a forma e o tamanho à medida que a doença avança. Identificar os meios de combater pragas na agricultura precocemente é um caminho para melhorar a produção e a qualidade do produto final.

A introdução de novas tecnologias na agricultura, contudo, não elimina as técnicas tradicionais de cultivo; pelo contrário, as novas técnicas associam-se às técnicas existentes gerando ganhos de qualidade nos processos e nos resultados.

A criação de aplicações com visão computacional requer plataformas computacionais complexas, programas especializados e conhecimento na área (alternativa: sistemas disponibilizados por meio de *Application Programming Interface* — APIs). Essas APIs de visão computacional com capacidade de aprendizado como principal funcionalidade encontram padrões em imagens ou vídeos, identificando formas, cores, texturas, bor-

das ou qualquer outro elemento presente que seja o objeto desejado de identificação ou classificação.

O estudo buscou selecionar, avaliar e comparar as tecnologias disponíveis na forma de API e distribuídas por meio de plataforma como serviço (PaaS — *Platform as a Service*). Serão examinadas três plataformas cujos sistemas foram criados visando ao aprendizado e a identificação de doenças em folhas de plantas por meio de imagens.

As três tecnologias selecionadas serão treinadas com um mesmo conjunto de 50 imagens de quatro doenças distintas de folhas de plantas. Este treinamento irá fornecer as características visuais de cada uma das quatro doenças. O treinamento foi dividido em duas etapas, sendo que a primeira etapa foi realizada com um conjunto de 30 imagens e a segunda etapa com um conjunto de 20 imagens, totalizando 50 imagens.

A validação e a análise do aprendizado de cada plataforma foram realizadas a partir de um conjunto de 10 imagens de testes de plantas com as doenças objeto do estudo. Os testes de validação foram realizados após cada etapa de treinamento. Este conjunto de imagens para testes não foi considerado no treinamento de aprendizagem inicial. O propósito dos testes é comparar a assertividade de reconhecimento das doenças em cada plataforma, após receber um mesmo treinamento e testes. Pesquisas analisadas indicam que o setor agrícola vem recebendo forte investimento em automação, reduzindo, gradativamente, a atuação e intervenção humana nas rotinas rurais.

Deteção de doença de folhas de plantas por meio de processamento de imagem

Distintas técnicas podem ser empregadas para deteção e identificação de doenças em plantas, como por exemplo a técnica de “*K-Means*” utilizada para separar os *pixels* verdes da imagem (coloração da planta), identificando os *pixels* da doença (cores diferentes de verde). Esta técnica pode ser utilizada em conjunto com uma rede neural artificial para classificação da doença (SANNAKKI, 2013). Outra técnica utilizada é a segmentação de imagens dentro do espaço RGB (*Red, Green e Blue*) com bons resultados, segundo Gonzales e Woods (2000). Esse método consiste em utilizar uma amostra do conjunto de cores que representam as cores de interesse, obtendo o valor médio da cor segmentado das demais cores.

A identificação de texturas é um método já conhecido e utilizado para análise de imagem, porém agora passa a ser utilizado como uma

abordagem em visão computacional; a textura é caracterizada pela repetição de um modelo sobre uma determinada região da imagem, em sua forma exata ou com pequenas variações (HARALICK, 1973). Identificada a textura, é possível aplicar a abordagem de limiarização para segmentar a imagem. O método proposto é baseado na extração de diversas características de texturas de uma matriz de recorrência dos níveis de coloração de cinza, agrupando texturas e cores similares de cinza (MARQUES; NETO, 1999).

As etapas de processamento de imagem digitais para detecção de doenças em plantas podem ser divididas em três principais segmentos: detecção, quantificação e classificação. Para cada etapa existem diferentes técnicas que podem ser empregadas; para a detecção podem ser utilizadas as técnicas de rede neural, limiarização e análise de regressão duplamente segmentada. Para a quantificação é possível utilizar técnicas de limiarização, análise de cor, lógica *fuzzy*, base de conhecimento, crescimento da região e *softwares* de terceiros. As técnicas de classificação são divididas em redes neurais, máquinas de suporte de vetor, classificador *fuzzy*, regras de características, análise de cores, mapas auto-organizados, análise discriminante e função de membro (BARBEDO, 2013).

Uma proposta de metodologia capaz de identificar as doenças *Peronospora (downy mildew)* e *Oídio (powdery mildew)* em folhas de uva pode ser visto no trabalho de Kamlapurkar (2016). O autor apresenta a estrutura do sistema em forma sequencial: banco de dados de imagem, processamento, extração de características, classificação e diagnóstico. Essa abordagem tem como elemento principal a extração de características visuais da doença, utilizando a técnica de segmentação que separa o contorno da doença na folha por meio de contraste da imagem e deixa a doença destacada em cor branca. Assim é possível identificar a forma da doença e compará-la a imagens similares.

Um sistema robótico autônomo para mapear ervas daninhas em campos

Hansen *et al.* (2013) apresentam um projeto chamado ASETA, composto de teoria e de métodos para sistemas de robôs agrícolas. O projeto opera veículos aéreos e terrestres não tripulados (VANTs), equipados com câmeras para identificação de ervas daninhas em plantações de beterraba. A visão computacional é usada em dois momentos: (a) quando as imagens são feitas via aérea, o sistema busca identificar padrões de alteração na coloração da folhagem diferente da folhagem de objetivo de cultivo e (b) quando as imagens são feitas de forma terrestre, o sistema busca

identificar padrões no contorno e na forma não condizente das folhas das beterrabas. Uma vez identificada a cultura invasora é possível combater de forma individual o foco, diminuindo a quantidade de pesticidas utilizada e melhorando a qualidade do produto.

Foram selecionadas imagens de quatro doenças diferentes, com características visuais específicas que podem ser visualizadas e diferenciadas por seres humanos sem a necessidade de equipamento apropriado. Para cada doença foram selecionadas 60 imagens, apresentadas em diferentes ângulos e diferentes distâncias de visualização.

Os fabricantes das APIs de visão computacional desse estudo sugerem a utilização de no mínimo 30 imagens para o treinamento inicial. O relativo número reduzido de imagens pode estar relacionado ao tipo de rede neural utilizada; as redes neurais convolucionais, por exemplo, necessitam de um baixo treinamento para atingir resultados aceitáveis, análise também presente no estudo de Vargas, Paes e Vasconcelos (2016), permitindo extrair características complexas dos dados³.

As imagens selecionadas são do site *ipm images*⁴, que tem o foco em espécies invasivas, silvicultura, agricultura, manejo integrado de pragas, plantas, insetos, doenças, fungos, vida selvagem, fogo e outros itens referentes a recursos naturais. A escolha foi realizada preferencialmente por imagens que apresentassem a doença na folha ou fruto, e que não houvesse uma grande aproximação (*zoom*) da imagem. As doenças e as imagens selecionadas para o estudo são as seguintes:

Peronospora (*downy mildew*)

A doença Peronospora pode afetar diversos tipos de plantas. Ela costuma aparecer em forma de manchas amarelas ou brancas na parte superior das superfícies das folhas mais velhas. Na parte de baixo das folhas é possível notar uma cobertura de fungos de cor branca acinzentada com aspecto de algodão. A doença é notada principalmente após a chuva, podendo desaparecer em um clima mais ensolarado. A evolução da doença é caracterizada pela coloração de castanha, podendo levar a queda das folhas (Figura 1).

A Peronospora ocorre em clima frio e úmido, sendo mais comum no início da primavera ou final do outono; seus esporos ficam dormentes

³ A escolha e uso das imagens para treinamento e testes possui objetivo exploratório, não sendo objeto deste estudo identificar a quantidade ideal de imagens que devem ser utilizadas para treinamento.

⁴ Disponível em: ipmimages.org. Acesso em: 20 ago. 2019.

sobre os detritos das plantas e é transmitida por meio do manejo e transporte dos esporos por insetos, vento, chuva ou ferramentas (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2017).

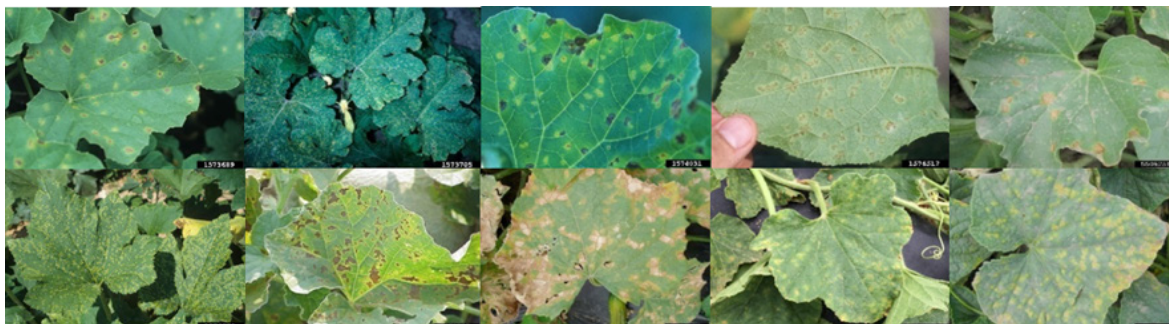


Figura 1. Imagens para testes da doença Peronospora.
Fonte: IPM Imagens. **Disponível em:** ipmimages.org. Acesso em: 20 ago. 2019.

Diplocarpon rosae (black spot)

Diplocarpon rosae é uma doença comum em várias espécies, mas sobretudo em rosas. Ela é causada por bactéria e grande quantidade de fungos. A doença costuma aparecer em clima úmido e sua característica principal são manchas pretas irregulares nas folhas, caule e partes da flor (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2017). As dez imagens da Figura 2 apresentam a doença *Diplocarpon rosae* e foram utilizadas nos testes.



Figura 2. Imagens para testes da doença *Diplocarpon rosae*.
Fonte: IPM Imagens. **Disponível em:** ipmimages.org. Acesso em: 20 ago. 2019.

Oídio (powdery mildew)

Oídio é uma doença global, caracterizada por um crescimento pulverulento nas folhas, flores e frutos causado por um tipo de fungo. Sua aparência é de um pó branco que se espalha pelas folhas; com a evolução da doença, as folhas se tornam amareladas, distorcendo as próprias folhas e os frutos (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2017).



Figura 3. Imagens para testes da doença Oídio.
Fonte: IPM Imagens. **Disponível em:** ipmimages.org. Acesso em: 20 ago. 2019.

Cancro cítrico

Cancro cítrico é uma doença que aparece como uma mancha na folha e uma espécie de ferida na casca do fruto; essas lesões, inicialmente, são pequenos pontos que podem chegar até o tamanho de 2 a 10 mm de diâmetro. As lesões ficam aparentes após sete dias da infecção e o sintoma mais aparente nas folhas é o halo amarelo ao redor da lesão (GORTWALD; GRAHAM, 2018).

As dez imagens da Figura 4 apresentam a doença Cancro cítrico e foram utilizadas para os testes e validações do aprendizado das três aplicações.



Figura 4. Imagens para testes da doença Cancro cítrico.
Fonte: IPM Imagens. **Disponível em:** ipmimages.org. Acesso em: 20 ago. 2019.

Aprendizado de máquina

O aprendizado de máquina é uma subárea da Inteligência Artificial (IA), utilizada também para reconhecimento de padrões e de regularidades nos dados analisados (BISHOP, 2006).

O treinamento utilizado é classificado como aprendizado supervisionado, os sistemas que se utilizam desta técnica podem ser treinados a partir de dados conhecidos, que são rotulados de acordo com o objetivo de classificação. O aprendizado supervisionado é a tarefa dentro do apren-

dizado de máquina de aprender uma função que mapeia uma entrada para uma saída com base em pares de entrada/saída de exemplo (MOHRI, 2012).

Após realizado o treinamento supervisionado, o conjunto de imagens deve ser validado com o objetivo de analisar se os padrões e as similaridades encontradas estão corretamente classificados de acordo com o rótulo ou etiqueta dada no treinamento. A validação pode ser realizada com o uso da técnica de *K-fold cross validation*, que serve para avaliar a capacidade de generalização de um modelo, a partir de um conjunto de dados (KOHAVI, 1995). Essa técnica é, em geral, utilizada em cenários nos quais o objetivo é a previsão, isto é, estimar quão preciso o modelo preditivo criado e treinado irá funcionar em um teste real. Neste caso, as imagens utilizadas para realizar o teste são as mesmas que foram utilizadas para o treinamento; a técnica consiste em dividir o conjunto total de dados e K subconjuntos de mesmo tamanho e exclusivos. Um desses subconjuntos é separado e utilizado para teste com os demais conjuntos K restantes — assim, é possível calcular a acurácia do modelo. O processo é repetido K vezes, tal que o subconjunto de teste é alterado de forma circular; por isso, a técnica também é conhecida como Estimativa de Rotação.

A acurácia dos dados pode ser validada por meio do modelo *Precision* e *Recall*, em que a funcionalidade *Precision* apresenta-se em forma de etiqueta. A etiqueta, por sua vez, será reconhecida pelo seu classificador, mostrando a probabilidade do conjunto de imagens estar correto na classificação, ou seja, de todas as imagens que foram utilizadas para treinar o classificador, qual a porcentagem que o modelo obteve de acerto, este é o que representa o *Precision*.

A funcionalidade *Recall* demonstra o valor encontrado das imagens que deveriam ter sido classificadas corretamente, comparado com quanto o identificador classificou corretamente (POWERS, 2007). Por exemplo, um *Recall* de 100% significa que de 38 imagens de animais utilizados para treinar, todas as 38 foram reconhecidas.

API I

O treinamento da API I inicia-se com a criação do domínio das imagens, em que cada domínio representa um contexto da imagem. Essa classificação prévia auxilia no treinamento da imagem, pois cada domínio oferecido pela ferramenta já possui um pré-treinamento da rede neural com o contexto do domínio.

O treinamento para as doenças apresentadas neste trabalho foi realizado com o domínio denominado “Genérico”. Neste modelo foram criadas quatro etiquetas (*tags* ou rótulos) — uma etiqueta para cada uma das doenças em estudo —, para agrupar imagens com características e padrões de similaridade. Cada etiqueta recebe um conjunto de imagens para treinamento e, posteriormente, podem ser adicionadas novas imagens à mesma etiqueta, a fim de melhorar a capacidade de identificação dos padrões do conjunto das imagens.

No modelo utilizado para a identificação das quatro doenças, com 30 imagens de treinamento, foram obtidas as médias 78,3% de *Precision* e 72,5% de *Recall*. Com 50 imagens, as médias tiveram pequeno acréscimo: 78,6% de *Precision* e 74,1% de *Recall*. O Quadro 1 apresenta os valores individuais obtidos para cada doença.

Doença	<i>Precision</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Recall</i>
	30 imagens	50 imagens	30 imagens	50 imagens
1_downy_mildew	82,1 %	85,2 %	70,0 %	78,3 %
2_black_spot	73,8 %	82,6 %	66,7 %	70,2 %
3_powdery_mildew	83,2 %	76,6 %	76,7 %	86,0 %
4_citrus_canker	81,4 %	72,8 %	80,0 %	61,9 %

Quadro 1. Resultados dos treinamentos para cada doença com a API 1.

Esses valores foram obtidos utilizando um limite (*threshold*) de 50%, isto é, a ferramenta considerou apenas os valores nos quais a probabilidade de acerto encontrada foi maior que 50%.

API 2

Até o momento deste trabalho não havia uma interface para visualização do *Recall* e *Precision rate*. Então, não foi possível identificar os fatores de qualidade das imagens utilizadas para treinamento.

API 3

No treinamento realizado com a API 3 para as quatro doenças, com as 30 primeiras imagens, foram obtidas as médias 60,7% de *Precision* e 56,3% de *Recall*. Com 50 imagens de treinamento as médias foram 83,3%

de *Precision* e 76,7 de *Recall*. O Quadro 2 apresenta os valores individuais obtidos para cada doença.

Doença	Precision	Precision	Recall	Recall
	30 imagens	50 imagens	30 imagens	50 imagens
1_downy_mildew	100 %	100 %	75 %	66,7 %
2_black_spot	42,9 %	83,3 %	75 %	83,3 %
3_powdery_mildew	0 %	50,0 %	0 %	66,7 %
4_citrus_canker	100 %	100 %	75 %	90,0 %

Quadro 2. Resultados dos treinamentos para cada doença com a ferramenta 3.

Esses valores foram obtidos utilizando um limiar (*threshold*) de 50%: a ferramenta considerou apenas os valores em que a probabilidade de acerto encontrada foi maior que 50%.

Resultados

Os resultados dos testes das 3 APIs apresentam a probabilidade e medida em porcentagem de cada técnica em identificar a doença. O primeiro resultado destacado foram os erros obtidos por cada doença durante os treinamentos. O primeiro treinamento realizado utilizou 30 imagens e, o segundo treinamento, mais 20 imagens, totalizando 50. Foi considerado “erro” quando a técnica classifica uma doença de forma equivocada; a doença que apresentou maior quantidade de erros foi o Oídio, em relação à qual as três APIs classificaram a mesma imagem como *Peronospora* em vez de Oídio; porém, a API 3, após o segundo treinamento, obteve êxito no acerto da doença, com uma probabilidade de 40,4% de acerto, conforme a Figura 5.

Imagem	Treino	API 1				API 2				API 3			
		Probabilidade %				Probabilidade %				Probabilidade %			
		Peronospora	Oídio	Cancro cítrico	Diplocarpon rosae	Peronospora	Oídio	Cancro cítrico	Diplocarpon rosae	Peronospora	Oídio	Cancro cítrico	Diplocarpon rosae
	Primeiro	92,6	0	0	0,3	87,6	13,9	0	0,1	3,6	89,7	0	9,7
	Segundo	92,6	0	0	0,3	41,4	78,5	0	0,1	4	92,8	0	2,5
	Primeiro	98,3	1,1	0	0	90,3	0,8	0	0,1	98,9	2,2	0,4	0
	Segundo	98,3	1,1	0	0	90,4	0,7	0	0	59,9	40,4	0,8	0

Figura 5. Erros na classificação oídio. Verde: aumento da probabilidade de identificação após segundo treinamento com 50 imagens. Vermelho: erro na identificação da doença. 2019.

Outro destaque foram os erros encontrados com a doença Peronospora. As três APIs classificaram de forma errada com o primeiro treinamento; mas, após o segundo, houve melhora nas classificações da API 2 (74,9%) e da API 3 (80,9%). A classificação da API 1 reteve a classificação errada, mantendo os mesmos valores.



Imagem	Treinos	API1				API2				API3			
		Probabilidade %				Probabilidade %				Probabilidade %			
		Peronospora	Oídio	Cancro cítrico	Diplocarpon rosae	Peronospora	Oídio	Cancro cítrico	Diplocarpon rosae	Peronospora	Oídio	Cancro cítrico	Diplocarpon rosae
	Primeiro	32,6	9,4	1,0	0	89,5	5,6	0	0	98	0,01	0,01	0,0
	Segundo	32,7	9,4	1,0	0	83,7	5	0	0	98,6	2,4	1,0	0
	Primeiro	0	99,9	0,0	0	1,0	99,3	0	0,2	6,6	49,2	0	6,1
	Segundo	0	99,9	0	0	74,9	47,2	0,1	0,1	80,9	15,6	0	1,9

Figura 6. Erros na classificação Peronospora. Azul: diminuição da probabilidade na identificação após o segundo treinamento com 50 imagens.

Os erros encontrados para os dois treinamentos de acordo com cada doença e ferramentas podem ser vistos na Quadro 3.

	Downy Mildew			Black Spot		
	AP1	AP2	AP3	AP1	AP2	AP3
Treino 1	1	1	1	1	1	1
Treino 2	1	0	0	1	1	1
Total	2	1	1	2	2	2
	Powdery Mildew			Citrus Canker		
	AP1	AP2	AP3	AP1	AP2	AP3
Treino 1	2	2	1	1	1	0
Treino 2	2	1	1	0	0	0
Total	4	3	2	1	1	0

Quadro 3. Resultados dos erros por doença e ferramenta.

Após o segundo treinamento, observou-se uma melhora dos erros de classificação, como mostra o Quadro 4, que apresenta os valores consolidados e a diferença das quantidades de erros entre o primeiro treinamento e o segundo treinamento.

	AP1	AP2	AP3
Treino 1	5	5	3
Treino 2	4	2	2
Diferença	1	3	1

Quadro 4. Resultados dos erros consolidados e diferença de erros entre treinamentos.

Analisando as quantidades de acertos das técnicas na identificação da doença, os índices são próximos de 90% (nesta análise não foi considerado a acurácia na identificação, foi considerado apenas se a tecnologia obteve sucesso na identificação da doença contida na imagem e não seu grau de certeza no resultado apresentado). O Quadro 5 apresenta os valores dos acertos após os treinos.

	Downy Mildew			Black Spot		
	AP1	AP2	AP3	AP1	AP2	AP3
Treino 1	9	9	9	9	9	9
Treino 2	9	10	10	9	9	9
Total	9	9,5	9,5	9	9	9
	Powdery Mildew			Citrus Canker		
	AP1	AP2	AP3	AP1	AP2	AP3
Treino 1	8	8	9	9	9	10
Treino 2	8	9	9	10	10	10
Total	8	8,5	9	9,5	9,5	10

Quadro 5. Resultados dos acertos por doença e ferramenta.

Ao analisar os erros e acertos de cada tecnologia, é possível avaliar a precisão das técnicas na classificação das imagens de acordo com a doença contida na imagem. A análise mostra a porcentagem de probabilidade de a classificação estar correta (valores próximos de 100% indicam um alto índice de certeza).

O Quadro 6 apresenta as médias das probabilidades de acertos para cada doença, dividido entre os dois treinamentos e técnicas.

	Downy Mildew			Black Spot		
	AP1	AP2	AP3	AP1	AP2	AP3
Média Treino 1	77.74	79.94	85.79	75.22	82.03	82.31
Média Treino 2	77.89	88.32	93.63	75.22	78.2	81.44
Média Total	77.82	84.13	89.71	75.22	80.12	81.88
	Powdery Mildew			Citrus Canker		
	AP1	AP2	AP3	AP1	AP2	AP3
Média Treino 1	79.3	72.7	83.1	82.11	86.61	98.8
Média Treino 2	79.6	79.7	86.5	91.9	89.03	99.35
Média Total	79.46	76.21	84.76	87.01	87.82	99.08

Quadro 6. Média da probabilidade de acertos por doença, ferramenta e treino.

Conforme Wang *et al.* (2012), as CNNs (Redes Neurais Convolucionais) não precisam de muitos dados para o treinamento, afirmação comprovada nos resultados: com apenas 30 imagens foi possível atingir resultados de acerto acima de 70%. Vale ressaltar que os resultados melhoram a cada novo treinamento; porém, essa melhora só é possível quando realizado um treinamento com supervisão adequada (GÜLÇEHRE; BENGIO, 2016), nos quais os dados utilizados devem possuir relevância com o desafio.

Uma característica presente em duas das técnicas analisadas é a capacidade de ajustar a classificação de uma foto classificada erroneamente. Essa capacidade foi identificada nas APIs 2 e 3 e pode ser feita de maneira simples utilizando as APIs, ajustando a classificação da imagem para a etiqueta correta, utilizando uma das classificações previamente criadas ou criando uma nova classificação. Este tipo de correção permite corrigir o erro, propagando a correção para toda a rede por meio do conceito de retropropagação. Esta arquitetura, representada na Figura 7, faz com que a saída de uma camada seja utilizada como entrada para a próxima camada, e a função de ativação utilizada seja não linear; desta forma, funções complexas podem ser obtidas para mapeamento entre a entrada e a saída. Neste tipo de arquitetura, o treinamento é efetuado por retropropagação do erro obtido pela classificação. Assim, toda vez que um neurônio

é alterado, devido a uma classificação incorreta, ele irá propagar seu erro para os demais neurônios por meio de algoritmos de retropropagação ou regressão linear, fazendo com que toda a cadeia de neurônios tenha um novo aprendizado (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

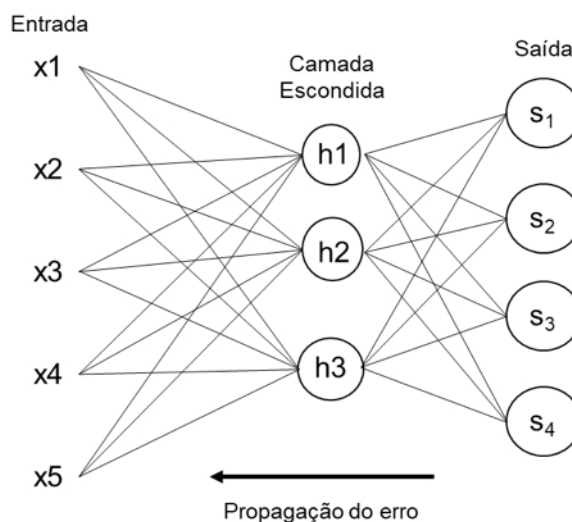


Figura 5. Arquitetura de rede neural multicamadas; treinamento utilizando retropropagação do erro (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Os resultados apresentados mostram que é possível utilizar ferramentas de visão computacional fornecida como APIs na identificação de doenças em plantas por meio de imagens; porém, são necessários maiores estudos para validação de dados. Uma possibilidade é aplicar as técnicas em campo, analisando imagens feitas diretamente em uma plantação e verificando seus acertos em condições distintas de luz, ângulo e fatores externos.

Referências

- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The internet of things: a survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.
- BARBEDO, Jayme Garcia Arnal. Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plant diseases. *SpringerPlus*, v. 2, n. 1, p. 648-660, 2013.
- BISHOP, Christopher. *Pattern recognition and machine learning*. New York, Springer, 2006.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. Powdery mildew. Chicago: Encyclopædia Britannica, 2017. Disponível em: britannica.com/science/powdery-mildew. Acesso em: 2 dez. 2017.

GONZALES, R. C; WOODS, R.E. *Processamento digital de imagens*. São Paulo: Blucher, 2000.

GOTTWALD, T. R; GRAHAM, James H. Citrus Canker. Site. Disponível em: apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/prokaryotes/Pages/CitrusCanker.aspx. Acesso em: 14 fev. 2018.

GÜLÇEHRE, Ç.; BENGIO, Y. Knowledge matters: importance of prior information for optimization. *Journal of Machine Learning Research*, v. 17, n. 1, p. 226-257, 2016.

HANSEN, Karl D. *et al.* An autonomous robotic system for mapping weeds in fields. *IFAC Proceedings*, v. 46, n. 10, p. 217-224, 2013.

HARALICK, Robert M. *et al.* Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, n. 6, p. 610-621, 1973.

JUNTOLLI, Fabricio. Tecnologia já é usada em cerca de 67% das propriedades rurais do país. *Alimento Seguro*, Abril 17, 2017. Disponível em: alimentoseguro.com.br/post/159877367960/tecnologia-já-é-usada-em-cerca-de-67-das. Acesso em: 27 mai. 2017.

KAMLAPURKAR, Sushil R. Detection of plant leaf disease using image processing approach. *International Journal of Scientific and Research Publications*, v. 6, n. 2, p. 73-76, 2016.

KOHAVI, R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. *International joint conference on artificial intelligence*, v. 14, p. 1137-1145, 1995.

LUCAS, George B.; CAMPBELL, C. Lee; LUCAS, Leon T. *Introduction to plant diseases: Identification and management*. New York, NY: Springer, 1992.

MARQUES, F.O.; NETO, V. H. *Processamento digital de imagens*. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

MOHRI, Mehryar; ROSTAMIZADEH, Afshin; TALWALKAR, Ameet. *Foundations of machine learning*. Cambridge, MA: MIT Press, 2012.

PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. *Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações*. São Paulo: Thomson Learning, 2008.

POWERS, David Martin. Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation. *Technical Report SIE 07-001*, 2007.

SANNAKKI, Sanjeev S. *et al.* Diagnosis and classification of grape leaf diseases using neural networks. In: *Computing, communications and networking technologies (ICCCNT), Fourth international conference*, p. 1-5, 2013.

VARGAS, Ana Caroline Gomes; PAES, Aline; VASCONCELOS, Cristina Nader. Um estudo sobre redes neurais convulsionais e sua aplicação em detecção de pedestres. In: *Proceedings of the XXIX conference on graphics, patterns and images*, p. 1-4, 2016.

WANG, T.; WU, D. J.; COATES, A.; NG, A. Y. End-to-end text recognition with convolutional neural networks. In: *International conference on pattern recognition (ICPR), 2012 21ST. IEEE*, p. 3304-3308, 2012.

O aumento do uso de tecnologia no agronegócio:

uma análise sob a ótica da proteção de dados

Marcela Waksman Ejnisman¹

Carla do Couto Hellu Battilana²

Tulio Belem de Andrade³

Resumo: O setor do Agronegócio – que compreende as atividades primárias realizadas nos estabelecimentos rurais, as atividades de transformação e as atividades de distribuição de produtos – historicamente sempre demonstrou ser um dos pilares da economia brasileira, e não raramente é responsável direto pelo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do país. O crescimento da produtividade do setor está diretamente atrelado ao aumento de investimentos diretos e indiretos em tecnologia, tanto em tecnologias de sementes e monitoramento de solo quanto em soluções de inteligência e de predições. Este contexto traz consigo uma preocupação necessária referente à produção massiva de dados decorrentes do emprego dessas soluções tecnológicas versus os limites de utilização de tais dados, especialmente tendo em vista o movimento mundial de edição de leis de proteção de dados pessoais. A partir da análise destas inovações tecnológicas agrícolas e de estudos estatísticos, quantitativos e qualitativos relacionados a este rico ecossistema, este artigo tem o intuito de analisar as relações jurídicas decorrentes do emprego de tecnologia no setor do agronegócio e promover discussões sobre a titularidade dos dados relacionados a estas atividades, sejam eles pessoais ou comerciais, os limites de sua utilização e as possibilidades de proteção desses dados em benefício dos empresários rurais.

Palavras-chave: Agronegócio. Tecnologia. Proteção de Dados. *Big Data*. Agritechs.

1 Mestra pela Cornell University, EUA. Graduada em Direito pela PUC-SP.

2 Mestra pela University of Chicago, EUA. Graduada em Direito pela PUC-SP.

3 Graduado em Direito pela USP. cv Lattes: lattes.cnpq.br/8922679457039575.

The increasing use of technology in agribusiness: an analysis from the data protection perspective

Abstract: Historically, agribusiness has always been one of the pillars of the Brazilian economy. Frequently, it has been directly responsible for the growth of the Gross National Product (GNP) of the country (IBGE, 2019). The productivity growth of the sector is closely related to the increase of direct and indirect investments in technology, in seed technologies, and in soil monitoring as well as in intelligence and prediction solutions. In this context, there has been a growing concern with respect to the massive production of data arising from the use of these technologies and the limitations of their use, especially as far as the worldwide movement of the enactment of personal data privacy laws and regulations are concerned. Based on the analysis of these agricultural technological innovations and on statistical, quantitative, and qualitative studies related to this rich ecosystem, this article aims at analyzing the legal relationships between the use of technology in agribusiness and the promotion of discussions concerning the ownership of these data (whether related to natural persons or to the business itself), the limitations of their use, and the possibilities of protecting them for the benefit of rural entrepreneurs.

Keywords: Agribusiness. Technology. Data Protection. Big Data. Agritechs.

Introdução

Historicamente tendo figurado como um dos pilares da economia brasileira, o setor do agronegócio tem enfrentado uma série de mudanças e modernizações que configuram uma revolução tecnológica no campo. O aumento da produtividade no setor está diretamente ligado ao emprego de tecnologia e inovação, seja nas atividades primárias realizadas nos estabelecimentos rurais, seja nas atividades de transformação ou nas atividades de distribuição de produtos. Acompanhando esse movimento, o Brasil atualmente conta com inúmeras empresas de soluções tecnológicas para o setor e com cerca de trezentas *startups* de agronegócio, de acordo com o 2º Censo AgTech Startups Brasil (MONDIN; TOMÉ, 2019), concentradas em quatro principais áreas: (i) Suporte à Decisão; (ii) IoT (Internet das Coisas) & *Hardware*; (iii) *Software* de Gestão Agrícola; e (iv) Agricultura de Precisão.

Todavia, o aumento do uso de tecnologias no setor, especialmente as informatizadas, gera preocupações por parte dos usuários e de especialistas em segurança e privacidade de dados, além de demandar cuidados na mesma proporção em que gera facilidades e benefícios para seus usuários, justamente por vivermos em uma cultura orientada por dados (do inglês, *Data Driven*). A utilização de tecnologias e soluções conectadas entre si e atuantes das mais diversas formas no campo geram uma quantidade massiva de dados, que podem se referir tanto às métricas do agronegócio (nesse caso, gerando preocupações e cuidados relacionados à má utilização do *know-how* ou segredos de negócios dos agropecuaristas) quanto aos próprios indivíduos que atuam neste setor (nesse caso, gerando preocupações com relação à privacidade e ao uso dos dados pessoais desses indivíduos). Soma-se a isso o fato de que as tecnologias dificilmente são desenvolvidas pelos agropecuaristas e, por esse motivo, em geral são de propriedade de empresas contratadas para fornecer as soluções específicas. Nesse cenário, surge a necessária e acertada discussão sobre a titularidade dos dados gerados a partir das soluções tecnológicas utilizadas, as possibilidades de uso dessas informações, por quais pessoas e de quais formas, e as possibilidades de proteção desses dados em benefício dos empresários rurais.

Para fazermos esta análise é preciso entender os conceitos e implicações do *Big Data*, como isso se relaciona com os interesses dos empresários rurais e dos fornecedores das tecnologias, e as regulações sobre dados existentes no país.

O aumento de tecnologias voltadas ao agropecuarismo e o *Big Data*

Afirmar que “os dados são o petróleo do século XXI” já é quase um clichê. É fato que nossa sociedade e economia têm conferido uma crescente importância e valorização a dados, sejam eles pessoais ou não. A frase, repetida à exaustão nos dias de hoje, acerta ao destacar a importância e a magnitude da transformação digital que vivemos.

Parte dessa importância pode ser vista a partir do crescente surgimento de *startups* no país, por exemplo. Segundo a organização *Startup-Base* (2019), base de dados oficial do ecossistema brasileiro de *startups*, o Brasil conta com mais de 13.000 *startups*, sendo que cerca de 3.600 delas foram criadas há cinco anos ou menos. Além disso, o setor de agronegócio ocupa nada menos do que a sexta posição do ranking das áreas de atuação mais exploradas por essas empresas, ficando atrás apenas de setores mais tradicionais como educação, finanças, saúde e bem-estar e internet. De acordo com a mesma organização, quase 41% dessas empresas apresentam como modelo de negócios o SaaS (*Software as a Service*, ou *Software* como Serviço), promovendo soluções informatizadas baseadas em dados para seu público-alvo, composto por empresas, em sua maioria (segundo os dados levantados pela organização, 75% das *startups* analisadas têm como público-alvo outras empresas).

Os dados levantados apenas demonstram o cenário que já era conhecido: um grande número de empresas de soluções tecnológicas baseadas em informática (*softwares*, associados a *hardwares* ou não) que fundamentalmente se baseiam na alimentação de informações para que possam realizar as análises propostas, atreladas a uma crescente atenção ao setor do agronegócio.

Sejam os dados necessários para a promoção das soluções tecnológicas oferecidas imputados nos sistemas pelo próprio usuário ou coletados por aparelhos dispostos no solo, ar ou de quaisquer outras formas nas dependências da área de produção agropecuária, é fato que essas soluções têm o potencial de coleta de uma quantidade imensurável de dados dessas zonas produtivas e das pessoas envolvidas. É a isso que se dá o nome de *Big Data*: um imenso volume de dados coletados de diversas formas,

transmitidos e tratados em altas velocidades e representando uma grande variedade de formatos, desde dados estruturados (dados imputados em sistemas, em bancos de dados tradicionais) a não-estruturados – dados constantes do interior de documentos, como documentos de texto, e-mail, vídeo, áudio, transações financeiras, dentre outros e, portanto, não mapeados (GEOAGRI, 2018). No entanto, apesar da importância que se deve dar à quantidade de dados coletados, a grande preocupação deve recair sobre o tratamento desses dados (THORAN, 2019).

A agricultura de precisão, por exemplo, faz uso de sensores dos mais variados tipos para analisar a qualidade do solo, do ar, a existência de pragas, e diversas outras métricas para informar ao empresário rural as melhores decisões que se apresentam e os cuidados que deve tomar para otimizar seus ganhos e recursos. Da mesma forma, o sistema de suporte à decisão pode ser utilizado em conjunto com dispositivos interconectados (Internet das Coisas) tanto para coletar mais informações que possam impactar as análises realizadas quanto para, de fato, executar as decisões sugeridas. Independentemente da forma, todas essas soluções que otimizam a produção e os recursos empregados partem de um mesmo ponto de origem: o uso dos dados coletados e/ou imputados.

Apesar das pertinentes preocupações com o uso dos diversos dados fornecidos para esses fornecedores de tecnologia ou obtidos por eles de outras formas, fato é que grande parte das soluções tecnológicas ofertadas são absolutamente dependentes de dados, já que sem eles não são capazes de promover os benefícios que ofertam.

No lado oposto, discute-se o que poderia ser atingido a partir de um uso mal-intencionado de uma quantidade e variedade de dados tão grande. Não se pretende criar uma resistência ao emprego dessas tecnologias em um setor que tem experimentado tantos benefícios a partir disso, ou de sugerir que os fornecedores dessas tecnologias possam não ter apenas os melhores interesses em vista quando da coleta dessas informações. O que se pretende é criar um ambiente propício a discussões e reflexões importantes sobre o limite dessas tecnologias e soluções, para otimizar a relação entre os benefícios e a defesa da privacidade dos usuários e das informações de negócio dos empresários rurais. Isto porque não existe qualquer regulamentação sobre *Big Data*, fato que pode ser entendido a partir da própria definição do termo.

Desta forma, entendemos que a análise de utilização e proteção dessas informações deve ser realizada a partir de duas óticas distintas: (i) o negócio explorado pelos empresários rurais, especialmente do ponto de

vista do *know-how*; e (ii) os próprios empresários rurais, bem como todos os que contribuem para o negócio em questão, enquanto indivíduos sujeitos de direitos.

Como todo ramo de negócio, o setor agropecuário tem suas diversas particularidades, e destaca-se aquele empresário rural com o melhor emprego de seus recursos, sejam eles intelectuais, tecnológicos ou financeiros. Apesar de o emprego das tecnologias e recursos de otimização de cultivo animal e vegetal poder ser democrático (no sentido de que agentes com a mesma capacidade de utilização de recursos financeiros podem adquirir as mesmas soluções), os recursos intelectuais e estratégicos ainda dependem em grande medida do intelecto humano, sendo validados e consolidados na medida em que são aplicados ao negócio em questão ao longo do tempo, formando assim, o *know-how* daquele empresário ou empresa.

O *know-how* é, assim, um conjunto de conhecimento, que pode ou não ser secreto (conhecimento que pode ser desenvolvido e alcançado por outros empresários, e que não foi tornado público por seu detentor), que não é patenteável ou dotado de outra proteção legalmente certificada, mas que certamente confere ao seu titular uma vantagem competitiva sobre seus concorrentes. Nesse sentido,

não há o que se confundir tecnologia (*know-how*) pura e simples com tecnologia secreta (*secret know-how* ou *trade secret*). Na primeira hipótese, trata-se de conhecimento que pode ser dominado por mais de uma empresa do ramo, mas de acesso restrito às demais, ao passo que, na segunda hipótese, se fala de conhecimento ao qual ninguém, além do autor, tem acesso, salvo com seu consentimento expresso. (CORREA, 1997)

Assim, o *know-how* é gênero que comporta a espécie do segredo industrial ou de negócios, mas o fato de uma tecnologia não ser secreta não quer dizer que não seja importante ou valiosa. O emprego das soluções tecnológicas em algum negócio pode tanto otimizar a execução de saberes já consolidados quanto efetivamente desenvolver um novo *know-how*. Dessa forma, o cuidado que se deve ter se relaciona ao fato de que a simples utilização de soluções externas tem o potencial de conferir acesso dos fornecedores de tecnologia aos dados que são coletados e utilizados nas análises promovidas e, por vezes, ao próprio modelo de negócio e *know-how*.

Ainda que a utilização dos dados coletados em benefício do empresário rural por parte dos fornecedores de tecnologia agrícola não seja o intuito do próprio fornecimento dessas tecnologias, há uma legítima

expectativa de que isso ocorrerá por diferentes motivos, seja em razão de prestação de suporte técnico por parte dos fornecedores, seja em razão da utilização das análises para promover melhorias em seus produtos e serviços.

Isto posto, é de extrema importância que os contratos de fornecimento dessas tecnologias sejam claros sobre quais tipos de informação os fornecedores de tecnologia terão acesso e quais os limites de seu uso, inclusive por razões de acesso indevido de dados e informações estratégicas do empresário rural por seus concorrentes.

Para resguardar os interesses do empresário rural, esses contratos devem estabelecer com clareza que o intuito não é a transferência de dados e informações, mas sim seu simples acesso com o único objetivo de promover as soluções tecnológicas ofertadas. Nesse sentido, algumas cláusulas contratuais são essenciais, como tipos de dados, obrigações e responsabilidade das partes, dever de confidencialidade, limites de uso e acesso aos dados, medidas de segurança empregadas, dentre outras.

Por mais valioso que seja o *know-how* para uma empresa ou empresário, sua própria natureza de conhecimento torna essa vantagem frágil e difícil de ser protegida juridicamente. No caso de estarmos tratando de segredos industriais, no entanto, o ordenamento jurídico brasileiro e órgãos internacionais conferem mais preocupação e mecanismos de proteção.

A definição de segredo industrial trazida pelo acordo internacional TRIPS - Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (BRASIL, 1994) traz quatro requisitos para que uma tecnologia possa assim ser considerada e auxilia na distinção que deve ser feita do simples *know-how*:

Pessoas físicas e jurídicas terão a possibilidade de evitar que informação legalmente sob seu controle seja divulgada, adquirida ou usada por terceiros, sem seu consentimento, de maneira contrária a práticas comerciais honestas, desde que tal informação: a) seja secreta, no sentido de que não seja conhecida em geral nem facilmente acessível a pessoas de círculos que normalmente lidam com o tipo de informação em questão, seja como um todo, seja na configuração e montagem específicas de seus componentes; b) tenha valor comercial por ser secreta; e c) tenha sido objeto de precauções razoáveis, nas circunstâncias, pela pessoa legalmente em controle da informação, para mantê-la secreta. (BRASIL, 1994)

Assim, para uma tecnologia ser considerada como segredo industrial, ela deve (i) ser lícita; (ii) ser economicamente relevante; (iii) ser sigilosa e não decorrente de uma obviedade; e (iv) ser objeto de medidas razoáveis pelo seu detentor para mantê-la em segredo. Nesse ponto, é

importante destacar o terceiro requisito para que não haja confusão quanto ao conceito de obriedade dos segredos de negócio com a distinção do estado da técnica para a concessão de patentes. No caso das patentes, a tecnologia deve ser nova, não decorrente do estado da técnica e, portanto, disruptiva, superando o que já existe no mercado e no conhecimento humano. No caso dos segredos industriais, este requisito é muito mais brando: basta que a tecnologia não seja óbvia, já que se fosse, poderia facilmente ser descoberta e não poderia ser chamada de secreta.

A preocupação internacional com a manutenção desses conhecimentos secretos de negócio e a vedação ao uso indevido foi reproduzida pela legislação brasileira por meio da Lei nº 9.279/1996 (“Lei de Propriedade Industrial” ou “LPI”) (BRASIL, 1996), que estabelece como crime a prática de concorrência desleal, que pode ocorrer mediante a exploração não-autorizada de conhecimentos, informações ou dados confidenciais. Verifica-se, portanto, que apesar de não serem registrado, a importância do *know-how* é efetivamente verificada a partir da proteção legal a ele conferida, mas que a dificuldade em garantir sua proteção e fazer cessar a exploração indevida demonstra a importância de se negociar exaustivamente as relações com potencial de acesso a informações sensíveis para o negócio do empresário, resguardando seus direitos e interesses de usos indevidos pelos fornecedores de tecnologias agrícolas e por terceiros, incluindo concorrentes.

Os impactos da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais

Além dos aspectos tratados anteriormente, o contexto de *Big Data* certamente abrange uma categoria de dados muito particular, os dados pessoais. Vivemos um movimento mundial de edição de leis e regulamentos protetivos da privacidade de indivíduos, fato que também é experimentado no Brasil, por meio da Lei nº 13.709/2018 (“Lei Geral de Proteção de Dados” ou “LGPD”), que entrará em vigor a partir de agosto de 2020.

A LGPD será aplicável a qualquer atividade realizada com dados pessoais, em meios digitais ou não, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, e tem como objetivo a proteção dos direitos fundamentais de liberdade, privacidade e personalidade da pessoa física. Além disso, para a lei, dado pessoal diz respeito a qualquer informação relacionada a uma pessoa natural identificada ou identificável. Desta forma, não se considera dado pessoal apenas as informações mais óbvias como

nome ou número de CPF, mas também informações gerais que, analisadas em conjunto, podem identificar um indivíduo.

De acordo com a lei, os dados pessoais somente podem ser tratados a partir das hipóteses estabelecidas na LGPD, que incluem o consentimento do titular, o cumprimento de contrato ou pré-contrato com o titular dos dados, o cumprimento de obrigações legais ou regulatórias, o interesse legítimo do controlador (quem trata os dados), dentre outras bases legais possíveis. Além disso, o titular dos dados pessoais tem direitos e garantias que devem ser respeitados quando do tratamento e seus dados, incluindo o direito à informação sobre os dados que o controlador tem sobre ele e os tratamentos que realizou; o direito de acesso a essas informações; o direito de oposição ao tratamento de seus dados; e o direito de eliminação de dados desnecessários, excessivos e tratados em desconformidade com a lei, além da possibilidade de revogação do consentimento, quando essa for a base legal para o tratamento dos dados.

A LGPD certamente impactará a utilização de algumas dessas tecnologias agrícolas, que podem depender do uso de dados pessoais para sua utilização ou, ainda, podem coletar dados pessoais ou identificar indivíduos de alguma forma.

Por exemplo, sistemas de controle e gestão podem depender de cadastramento de usuários e controle de acesso mediante *login* e senha, o que colocaria a atividade sob o comando da LGPD, com todos os seus limites e possibilidades. Sistemas de gestão de empregados nas atividades desempenhadas ou de gestão de operação de maquinário (ou mesmo equipamentos pesados com funcionalidades de conectividade – IoT) podem demandar, além do acesso e coleta de dados pessoais dos empregados, dados relacionados à saúde dessas pessoas, situação ainda mais delicada por se tratarem de dados pessoais sensíveis (categoria de dados definida na lei com mais restrições ao tratamento e necessidade de maiores cuidados na coleta e manuseio das informações).

Além dessas situações, destacamos que o conceito de dados pessoais é abrangente e diz respeito a quaisquer informações que sejam capazes de identificar alguma pessoa física. Assim, apesar de se tratarem de situações pontuais, é perfeitamente possível que informações puramente técnicas e impessoais à primeira vista possam identificar pessoas determinadas e, portanto, estarem sujeitas às disposições da Lei Geral de Proteção de Dados, que estabelecem uma série de limites ao tratamento desses dados e direitos em benefício do titular dessas informações.

Como demonstrado, a verificação da incidência da LGPD em situações de fornecimento de tecnologia agropecuária deve ser realizada no caso a caso, uma vez que frequentemente não é automática e decorrente dos dados que geralmente são tratados nessas situações. Essa verificação é relevante tanto pela questão de privacidade de cada indivíduo quanto pelo fato de o tratamento de dados pessoais ser restritivo e limitado a determinadas situações.

A análise das atividades desenvolvidas e das tecnologias utilizadas pelo empresário rural sob a ótica da LGPD é importante para que o empresário possa mapear e verificar as situações em que enfrenta riscos, já que a realização de tratamentos de dados pessoais em desconformidade com a LGPD pode ensejar a aplicação de sanções, tanto para o fornecedor da tecnologia, quanto para o empresário que utiliza os sistemas em questão. Contudo, além de se resguardar, o enquadramento de determinadas situações à LGPD pode conferir uma vantagem extra ao titular dos dados e ao empresário rural, e um maior controle das informações e de seus limites de uso.

Conclusão

O crescente interesse pelo desenvolvimento de tecnologias e soluções agrícolas traz consigo diversos questionamentos e preocupações justificadas com os dados e informações envolvidos nestas situações. Seja por se tratarem de dados relacionados ao negócio explorado pelo empresário rural, seja por se tratarem de dados relacionados à própria pessoa do empresário, soluções orientadas por dados já não têm o mesmo espaço e apelo de antes.

Certamente a falta de segurança jurídica que se verifica será mitigada a partir de normas claras e adequadas voltadas às necessidades decorrentes dos avanços tecnológicos que vivenciamos. No entanto, a falta de segurança jurídica impõe a necessidade de os contratos de fornecimento de tecnologias serem elaborados e negociados de forma satisfatória. A necessária limitação de acesso aos dados do empresário rural, de seus empregados ou mesmo de seu negócio é a mais adequada forma de proteção dos interesses do empresário, que deve verificar a relevância e pertinência de utilização de tais informações para o atingimento da finalidade específica que se pretende com o emprego dessa tecnologia.

Os contratos de fornecimento de tecnologia agrícola são o principal meio de proteger os interesses do empresário nesta situação e não podem

deixar de endereçar questões como os tipos de dados envolvidos no fornecimento dessas soluções tecnológicas, obrigações e responsabilidade das partes, dever de confidencialidade, limites de uso e acesso aos dados, medidas de segurança empregadas, dentre outras.

Dessa forma, é possível que os empresários rurais possam aproveitar todas as facilidades e benefícios que o emprego de tecnologia no agronegócio pode oferecer sem fragilizar seus conhecimentos técnico-negociais que lhe conferem vantagem competitiva, ou seus dados pessoais, eventualmente também coletados no curso da aplicação da solução tecnológica em questão.

Referências

AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS. PIB cresce 1,1% em 2018 e fecha ano em R\$ 6,8 trilhões. [S. l.]: Agência IBGE Notícias, 28 fev. 2019. Disponível em: agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23886-pib-cresce-1-1-em-2018-e-fecha-ano-em-r-6-8-trilhoes. Acesso em: 20 jul. 2019.

BRASIL. Decreto nº 1.355, de 30 de dezembro de 1994. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 de dez. 1994, Seção I, p. 21.394. Disponível em: inpi.gov.br/legislacao-1/27-trips-portugues1.pdf. Acesso em: 27 nov. 2019.

_____. Lei nº 9.279 de 14 de maio de 1996. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 de mai. de 1996, Seção I, p. 8.353.

CORREA, José Antônio B. L. Faria. Considerações sobre o tratamento de segredo de negócio – os efeitos da nova Lei de Propriedade Industrial. *Revista da ABPI*, Associação Brasileira da Propriedade Intelectual. Rio de Janeiro, n. 27, p. 31-38, mar.-abr., 1997.

GEOAGRI. BIG Data na agricultura de precisão. [S. l.] 28 jan. 2018. Disponível em: geoagri.com.br/blog/agricultura-de-precisao/big-data-na-agricultura-de-precisao. Acesso em: 28 jul. 2019.

MONDIN, Mateus; TOMÉ, José. 2º Censo AgTech Startups Brasil. AgTechGarage, 2019. Disponível em: agtechgarage.com/censo. Acesso em: 29 jul. 2019.

PORTO, Gustavo. Brasil tem 300 startups do agronegócio. *O Estado de S. Paulo*, São Paulo, 1 mai. 2019. Disponível em: economia.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-tem-300-startups-do-agronegocio,70002812195. Acesso em: 29 jul. 2019.

RODRIGUES, Thoran. Tendências do Big Data para 2019, 2019. Bigdata Corp. Disponível em: bigdatacorp.com.br/blog/index.php/2019/01/21/tendencias-do-big-data-para-2019. Acesso em: 10 ago. 2019.

SILVEIRA, Daniel; GAZZONI, Marina. PIB brasileiro cresce 1,0% em 2017, após 2 anos de retração, 01 mar. 2018. Disponível em: g1.globo.com/economia/noticia/pib-brasileiro-cresce-10-em-2017-apos-2-anos-de-retracao.ghtml. Acesso em: 20 jul. 2019.

STARTUPBASE. Startups pelo Brasil. ABStartups, 2019. Disponível em: startupbase.com.br. Acessado em: 29 jul. 2019.

VIEGAS, Juliana L. B. Contratos de fornecimento de tecnologia e de prestação de serviços de assistência técnica e serviços técnicos. *In: Dos SANTOS, Manoel J. Pereira; JABUR, Wilson Pinheiro (org.). Contratos de propriedade industrial e novas tecnologias*. São Paulo: Saraiva, 2007. p. 145-184.

An aerial photograph of a vast agricultural landscape, showing a complex grid of rectangular fields. A prominent, dark, vertical road or canal bisects the entire scene. The fields are filled with various crops, some appearing as dense green or brown patches, while others are more open or have different textures. The overall image has a slightly desaturated, greyish-green tone.

RESENHAS

MASSRUHÁ, Sílvia Maria Fonseca Silveira *et al.* (ed.). *Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília: Embrapa, 2014.

BERNARDI, Alberto Carlos de Camargo *et al.* (ed.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014.

[dx.doi.org/
10.23925/1984-3585.2019i20p126-131](https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p126-131)

Resenha dos livros: *Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*, de Sílvia Massruhá *et al.* (eds.) e *Agricultura de precisão*, de Alberto Bernardi *et al.* (eds.)

Guilherme Augusto Vieira¹

O segmento agrícola tem adotado paulatinamente novos processos de pré-produção, produção e pós-produção de alimentos que o habilitam a desenvolver e simular modelos de fenômenos complexos tanto na cultura de plantas quanto na produção animal e, especialmente, naquilo que tange as variabilidades climáticas, sanitárias, organolépticas, mercadológicas e, ainda, naquelas situações relacionadas à gestão da mão de obra. Fazem parte dessa mudança de paradigma as tecnologias relacionadas à Inteligência Artificial, à Internet das Coisas (IoT), às plataformas de computação na nuvem ou à Bioinformática. O que se observa no campo é um novo cenário que combina análise de dados, *hardware*, *software* e ferramentas de produção digitais que realizam a coleta, o armazenamento, a troca, o processamento e o manejo de todo tipo de informação e conhecimento rural.

É esse o contexto da chamada agricultura digital sobre o qual os livros *Tecnologias da Informação e Comunicação e suas relações com a agricultura* e *Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar* apresentam – juntamente com os anais editados a cada nova edição bienal do Congresso Brasileiro de Agroinformática² (SBIAGRO, 2017) –, o estado da arte das Tecnologias da Informação e da Comunicação na Agricultura (AgroTIC) e do desenvolvimento de soluções automatizadas e tecnologia eletrônica embarcada, utiliza-

¹ Doutor em História das Ciências pela UFBA. CV Lattes: lattes.cnpq.br/8627138789607848. E-mail: guilhermevetri@hotmail.com.

² Nota do Editor: mais informações sobre o Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAGRO 2019) estão disponíveis na entrevista publicada nesta edição.

dos na Agricultura de Precisão (AP). Entre outros temas, fazem parte dos tópicos tratados por essas obras, por exemplo:

- Geotecnologia
- Redes de sensores
- Redes sociais no agronegócio
- Sistemas de informação e Banco de Dados
- Sistemas inteligentes (mineração de dados, redes neurais)
- Aplicações de Big Data
- Comunicação de dados com visualização de informações
- Aprendizado de máquina.

Todas essas áreas são fundamentais para o agrossistema global dar continuidade, ao longo de seu curso atual, à produção de alimentos impulsionada pela expansão da agricultura digital. Com tal propósito – somado ao de oferecer aos leitores uma visão panorâmica sobre os assuntos relacionados à AgroTIC e AP – os dois livros em epígrafe constituem edições complementares publicadas,³ respectivamente, pelas unidades Informática (Campinas, SP) e Instrumentação (São Carlos, SP) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)

AgroTIC é um termo abrangente, sendo definido como: a combinação de hardware, software e instrumentos de produção que permitam coleta, armazenamento, troca, processamento e manejo da informação e do conhecimento. De acordo com a Agência dos Estados Unidos para Cooperação Internacional (Usaid), as TIC incluem tecnologias e métodos para armazenar, manejar e processar informação (por exemplo: computadores, softwares, livros, PDAs, tablets, androides, livrarias digitais e não digitais) e para comunicar a informação (por exemplo: correio eletrônico, rádio, televisão, telefones, celulares, pagers, internet etc.). A redução de seu preço, acessibilidade e adaptabilidade, além de suas novas capacidades, tornaram seu uso indispensável no setor agrícola. Produtores podem utilizar a internet, telefone e outras ferramentas e tecnologias digitais para: previsão do tempo,

³ O autor agradece as jornalistas Nadir Rodrigues e Joana Silva, da Embrapa, que divulgaram as versões digitais dos livros que podem ser baixadas gratuitamente por meio dos links: bit.ly/2lWQNO8 e bit.ly/2o6BTp9. Acesso em: 14 set. 2019.

manejo de frota de veículos, rastreamento de produtos agrícolas, informações sobre preço de insumos, serviços, produtos, acesso a mercados, variedades, técnicas de produção, serviços de armazenamento, processamento etc. Serviços especializados, disponibilizados pelos setores público e privado, como o uso de satélites ou sensores remotos, armazenamento e processamento de grandes quantidades de dados em aplicativos móveis têm sido utilizados para planejar a produção, evitar perdas de safra, gerir a cadeia financeira etc. (MASSRUHÁ *et al.*, 2014, p. 191)

O trecho destacado ressalta como as TIC estão se disseminando rapidamente no campo. Com a adoção de soluções cada vez mais eficientes e modernas, a agropecuária tanto melhora a sua competitividade quanto o produtor rural também passa a produzir de forma mais sustentável. Por isso, as instituições de pesquisa agropecuária vêm apostando no uso intensivo das TIC, visando criar soluções integradas que tragam ganhos efetivos em produtividade, sustentabilidade e qualidade econômica, social e ambiental.

De modo geral, os atuais desafios e oportunidades de desenvolvimento das TIC na área de pesquisa agropecuária compõem o mote do livro *Tecnologias da Informação e Comunicação*. Para isso, a publicação relata experiências desenvolvidas no Brasil e no restante da América Latina a fim de oferecer subsídios para uma reflexão sobre as principais perspectivas das TIC aplicadas ao setor agropecuário – as chamadas AgroTIC – para os próximos anos.

Segundo os autores, a disseminação do uso das TIC do campo pode ajudar a alcançar ganhos de produção sem elevar as emissões de gases causadores do efeito estufa e sem ocasionar a expansão da área agricultável em prejuízo à preservação das florestas. Isso ocorreria devido aos ganhos de eficiência que as TIC proporcionam. “Já se tem exemplos da integração de nanotecnologia, jogos,⁴ crowdsourcing e dispositivos conectados emergindo como componentes importantes na área de bioinformática” (MASSRUHÁ *et al.*, 2014, p. 34-35).

O livro tem como editores técnicos os pesquisadores da Embrapa Informática Agropecuária Sílvia Maria Fonseca da Silveira Massruhá, Maria Angélica de Andrade Leite, Ariovaldo Luchiari Junior e Luciana Alvim Santos Romani. Conta, ainda, com a colaboração dos pesquisadores Gustavo Chacón, do Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Inia

⁴ Tais como o *game Mycocosm*, voltado ao gerenciamento de plantas. Nesse jogo, os fungos são amigos das plantas que buscam vencer as bactérias que as atacam para extrair os nutrientes necessários ao seu crescimento. Disponível em: sciencegamecenter.org/games/mycocosm. Acesso em: 28 set. 2019.

Chile), Miguel Luengo, do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Inta Argentina), e Juan Manuel Soares de Lima, do Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Inia Uruguai), membros do grupo de Tecnologia da Informação aplicada à Agricultura que integra a Plataforma de Tecnologias Emergentes do Procisur, Embrapa, e Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura (IICA).

Ao longo dos artigos, os autores demonstram como a área de Pesquisa e Desenvolvimento tem um papel fundamental para seguir respondendo aos desafios do agrossistema no século XXI, marcado pela transformação digital no campo. Nessa mudança de paradigma, em que a complexidade é a questão emergente, uma das preocupações dos autores é como as TIC podem atender às demandas da agropecuária e, simultaneamente, antecipar o futuro. Segundo a obra, esse cenário pode ser atingido com a aplicação de tecnologias de informação integradas em diferentes áreas, como mecanização, fitossanidade, biotecnologia, reprodução e bem-estar animal, rastreabilidade e segurança alimentar, gerenciamento de risco agrícola e mitigação das mudanças climáticas.

Agricultura de Precisão

O conhecimento da variabilidade da produção e da sua qualidade é útil para qualquer cultura, sejam aquelas cultivadas em pequenas áreas como aquelas que ocupam grandes extensões de terra. Para isso, basta que o produtor ou o técnico inicie este trabalho de observação, medida e registro dessas variações. Estas diferenças fazem com que os produtores e técnicos tratem cada região de modo diferente, de acordo com suas potencialidades e necessidades. Atualmente, as tecnologias de amostragem de solo em grades georreferenciadas são as mais utilizadas pelos produtores para mapear as propriedades do solo e aplicar corretivos e fertilizantes em taxas variáveis. O mapeamento da produtividade também está muito difundido para a cultura de grãos (em especial milho e soja), pois as colhedoras já vêm equipadas com monitores de colheita que possibilitam obter estes mapas. Também já existem equipamentos comerciais para mapeamento da produção do algodão. No caso das culturas perenes, como as fruteiras, por exemplo, esses mapas podem ser gerados por meio do monitoramento de planta ou grupo de plantas. Existe ainda uma ideia equivocada de que para utilizar a AP são necessários máquinas e equipamentos caros e sofisticados. Essas máquinas e equipamentos podem, de fato, auxiliar muito o produtor e o técnico, porém o elemento essencial para adotar a AP é a constatação de que há variabilidade espacial e a sua intensidade é muito elevada para tratá-la como uniforme. (BERNARDI *et al.*, 2014, p. 19)

A citação faz parte da obra *Agricultura de Precisão* que apresenta os resultados de quatro anos de pesquisas da Rede de Agricultura de Precisão, constituída pela Embrapa e mais de 50 parceiros de empresas, instituições de pesquisa e extensão, e universidades, além de produtores rurais e cooperativas. Ao todo, o livro reúne mais de 60 artigos em quase 600 páginas, por meio de trabalhos assinados por 162 autores, que abordam desde o histórico da técnica, conceito, ferramentas, análise e possibilidades do uso de tecnologias no campo, orientações para uso da técnica até a aplicação em sistemas de produção de culturas perenes e anuais. Assim, ajuda a orientar a transferência dos conhecimentos e habilidades necessárias para usar os equipamentos com eletrônica embarcada no campo.

A obra apresenta essas informações de forma criteriosa, sem assumir o risco de indicar a agricultura de precisão para todas as situações. Os autores alertam que quanto maior a taxa de erro (situações cuja conclusão seja diferente do planejado no início do processo), corrigi-la por meio de ferramentas associadas à agricultura de precisão proporcionará algum impacto econômico positivo ao desempenho do agrossistema. Em outras palavras, a oportunidade de ampliar a rentabilidade econômica da agricultura por meio de investimentos em automação de máquinas e implementos agrícolas cresce proporcionalmente à discrepância descoberta e a capacidade de torná-la insignificante. “Por outro lado, se um sistema de produção apresentar diferença pouco significativa, o retorno econômico seguramente será insignificante ou até negativo” (BERNARDI *et al.*, 2014, p. 24-25).

Cada vez mais presente na atividade da extensão rural, o tema inovação em agricultura de precisão é abordado de forma abrangente, levantando as aplicações de ferramentas de avaliação de impacto socioeconômico e ambiental, o processo de transferência de tecnologia, as ações para o fomento e a difusão técnica no campo. O livro proporciona, assim, uma interessante avaliação sobre a importância da inovação tecnológica no campo. Ao passo que a produção mundial de alimentos se estagnou a partir de meados de 1990, os índices de crescimento agrícola nacionais continuaram a expandir devido à inovação tecnológica na agricultura brasileira, que se tornou *knowledge-based* (BUAINAIN *et al.*, 2014). Ou seja: a geração e a difusão de tecnologia rural no Brasil expandiu-se em comparação às últimas décadas do século passado.

Ao todo, trinta empresas privadas, nove universidades, três fundações e quatro instituições de pesquisa, com quinze campos experimentais

de culturas perenes e anuais, distribuídos em todo o território nacional, colaboraram para produção da obra. Com essas credenciais, o livro atende aos produtores rurais interessados em adotar a agricultura de precisão, além dos técnicos como os do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), das empresas do agronegócio, e ainda da própria academia, todos fundamentais para formação de um novo padrão agrícola no Brasil do século XXI (BUAINAIN *et al.*, 2014).

Referências

BUAINAIN, Antônio Márcio *et al.* (ed.). *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola*. Brasília: Embrapa, 2014.

SBIAGRO. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA - SBIAgro, II, 2017, Campinas, SP. *Anais...* Universidade Estadual de Campinas, 2017.

MESSIAS, Adriano. *Será a condição humana uma monstruosidade?* São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2019.

[dx.doi.org/
10.23925/1984-3585.2019i20p132-137](https://dx.doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p132-137)

Resenha do livro *Será a condição humana uma monstruosidade?*, de Adriano Messias

Gustavo Rick Amaral¹

Antes de entrar especificamente no livro, é preciso, num esforço de contextualização, dizer algumas palavras sobre o método utilizado pelo autor. Adriano Messias tem desenvolvido um método semiótico-psicanalítico (constituído a partir da tradição peirceana e freudo-lacanianana) para captar e analisar os denominados sintomas da cultura no cenário contemporâneo. O método é resultado de pesquisa desenvolvida por Messias ao longo de quase uma década a respeito das figuras do monstruoso e do fantástico presentes no cinema e literatura.² Este método tem sido aplicado para elaborar análises em torno da fantasma (termo cunhado pelo próprio autor) do cinema contemporâneo, e este é justamente o caso do livro aqui resenhado.

*

Adriano Messias começa o livro pela constatação da presença do ciborgue entre nós e como a passagem desta estranha figura das telas cinematográficas e das páginas da literatura para o nosso cotidiano nos convida a repensar a própria condição humana. A exposição do autor permanece durante toda a obra a uma distância segura do tom otimista que encontramos naqueles panegíricos publicitários de empresas do Vale do Silício e de seus arautos no mundo acadêmico. Por outro lado, Messias também se afasta bastante dos tons mais sombrios de um discurso apocalíptico que encontramos em abordagens críticas sobre o cenário contemporâneo.

No emaranhado sub temático que vai desenovelando, o pesquisador, por exemplo, propõe que o tema do ciborgue “alude mais diretamente às questões ontológicas e éticas que permeiam os avanços tecnológicos em nossa vida” (p. 9). Esta figura é capaz de sintetizar muito do conteúdo conceitual evocado pelo prefixo *trans* (transobjetos, trans-

¹ Doutor em Tecnologias da Inteligência e Design Digital pela PUC-SP.
cv Lattes: lattes.cnpq.br/3463780553418311. Contato: gustrick@gmail.com.

² Os resultados desta pesquisa foram apresentados no livro “Todos os monstros da Terra: Bestiários do cinema e da literatura” (2016a), agraciado com o prêmio Jabuti no ano de 2017. Outros trabalhos onde o autor mobilizou este método são: 2016b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b.

gêneros, transespécies, transujeitos), e se filia a uma sólida tradição de pensamento, pesquisa e representação – na arte, na filosofia, na ciência. A referência aqui é a Donna Haraway e sua epistemologia pós-moderna.

No primeiro capítulo, Adriano Messias começa por nos apresentar o recorte analítico do livro: algumas obras do cinema espanhol contemporâneo e parte da cinematografia do mexicano Guillermo del Toro. E também, já nas primeiras páginas, o autor começa a introduzir aspectos da monstruosidade e do próprio cinema a partir de uma perspectiva psicanalítica. A ideia é que tanto o monstro como o próprio formato midiático do cinema possuem a capacidade de falar a respeito de nós mesmos, nossos desejos e nossos medos. Messias afirma que as formas monstruosas da ficção inicialmente nada parecem querer dizer sobre nós, apenas sobre algo do qual precisamos nos defender. Porém, elas são capazes de estar muito próximas, uma vez que conformam nossa constituição cultural e, ao mesmo tempo, ser-nos profundamente estranhas e incômodas.

Em relação ao cinema, o autor desenvolve reflexões que seguem essa linha geral de raciocínio. Grande parte da burguesia europeia não rechaçou o cinema em seus primeiros anos de existência apenas por elitismo, mas porque havia, de fato, “naquelas imagens moventes, cinzentas e granuladas, algo de perturbador e fantasmagórico” (p. 16). Antes, víamos a nós mesmos diante de espelhos imóveis. Com o cinema, passamos a nos encarar numa espécie de tela encantada, que nos coloca em confronto direto com a questão do desejo. Dessa forma, “o cinema, pois, deflagra o que culturalmente segue recalcado em nós” (p. 16). E o pesquisador arremata: “não existe arte sem culpa” (p. 16).

Ainda no primeiro capítulo, Messias desenvolve uma reflexão sobre o conceito de angústia, ponto nodal das linhas de argumentação elaboradas no livro. Encapsulada na análise deste conceito, o autor nos apresenta uma conexão do sentimento de angústia diante da figura do monstro no cinema e na literatura, estendendo reflexões contemporâneas sobre o corpo e sua própria abordagem semiótico-psicanalítica acerca da cultura. Em uma perspectiva etimológica, “angústia” deriva da palavra latina *angustus*, que era usada como referência a acidentes geográficos, como desfiladeiros estreitos e profundos. Desta acepção, a palavra passou, mediante um processo de abstração e “empréstimos semânticos”, a ser aplicada em sentimentos, sensações e percepções humanas. “O angustiado tantas vezes descreve fisicamente o peito e a garganta como estreitados, arroxeados” (p. 17). É por esta via de análise que Messias sustenta que “a angústia, que parece tão contemporânea, se sinaliza como a primeira de-

marcação geofisiológica humana” (p. 17). Para o autor, a angústia assinala um “corporal cada vez mais modificável e mutante, arcabouço da subjetividade e do que assinala a singularidade de um sujeito: o corpo falante em Jacques Lacan” (p. 17).

Depois de introduzir o conceito de angústia, Adriano Messias desenvolve uma análise do filme *Alien – o oitavo passageiro* e ainda utiliza a obra *O bebê de Rosemary* para apresentar o conceito lacaniano de êxtimo. O autor utiliza a obra-prima de Polanski para se referir a um estado ou período de suspensão em que o “sujeito mantém contato com o que lhe é mais estranho e, ao mesmo tempo, lhe está mais entranhado. Este estado estaria relacionado, por um lado, ao conceito freudiano de Coisa e, por outro, ao conceito lacaniano de êxtimo – a alteridade ensimesmada” (p. 29). De acordo com Messias, embora Lacan tenha criado o conceito, não teve tempo de desenvolvê-lo. Tal conceito foi reelaborado pelo psicanalista Jacques-Alain Miller, para quem o êxtimo seria “aquilo que teríamos de mais íntimo – espécie de elemento estranho que em nós se manifesta, se desdobra, diz de nós e, ao mesmo tempo, é outra coisa” (p. 30).

No segundo capítulo, Adriano Messias introduz o tema do antropoceno. Embora geralmente se considere que os problemas que demarcam essa era sejam recentes (do período da revolução industrial até os dias de hoje), o pesquisador argumenta que o ser humano desde sempre alterou o ambiente de maneira deletéria, e o que parece ter mudado foi simplesmente a magnitude desta intervenção. Nessa mesma chave, Messias sustenta que a função que a arte e, especificamente o cinema, cumprem em relação ao modo como lidamos com nossos desejos, anseios e medos já estava presente nas imagens que se pintava em paredes de cavernas durante tempos bastante recuados na história antropológica. Partindo de reflexões ensejadas pelo documentário *A caverna dos sonhos esquecidos*, de Werner Herzog, o autor sustenta que as pinturas nas paredes das cavernas feitas por nossos ancestrais já agiriam como uma espécie de proto-cinema, ou de um teatro de sombras que proporcionava, em algum grau, tanto volume quanto vivacidade.

Ainda de acordo com o autor, “muito do que se sente do mal-estar cultural é de origem imaginária” (p. 36). Para ele, “somos uma espécie que tem dado vida aos medos para conseguir falar deles, e aí está uma função importante da arte, a qual transforma a insegurança que coteja o real em monstros da ficção” (p. 36-37). Haveria, então, uma diferença elementar entre o medo humano e aquele que outros animais demonstraram diante de ameaças, por exemplo. Embora a base biológica e neural

seja semelhante, diferenciamo-nos daqueles ao sermos “seres de imaginação – o presente dúbio que a linguagem nos herdou” (p. 37). Para o autor, “aqueles homens do paleolítico temiam o real da aniquilação por um predador, mas, paralelamente, elevaram tal percepção ao reino ficcional” (p. 38).

Ainda no segundo capítulo, Messias emprega seu método semiótico-psicanalítico para analisar a série *Twin Peaks* dos anos de 1990 e tratar de nosso fascínio pela figura do sociopata. Este tema é tratado com base no pano de fundo do conceito do mal-estar da cultura: a célebre tese freudiana de que, em nome de uma vida comum sob o manto da civilização, a cultura tem se operado há milhares de anos a partir da abdicação, em grande medida, da satisfação das pulsões. Nesse contexto, os neuróticos, no plano da fantasia, costumam se fixar muitas vezes em figuras fictícias de sociopatas, de onde parece sobressair uma certa frustração por não exercerem um poder perverso e sem culpa – daí a explicação de parte do enorme sucesso de séries televisivas com *serial killers*.

No terceiro capítulo, Adriano Messias apresenta um contraponto aos filmes e séries cujos monstros nos atraem por conta de suas atitudes sociopatas e extremamente violentas: há obras ficcionais contemporâneas em que “criaturas fantásticas dóceis e delicadas, malgrado uma aparência nem sempre tão agradável, fazem frente a um modelo falido de cultura” (p. 47). Exemplo desses monstros estão em obras do mexicano Guillermo del Toro. Mais adiante, nesse mesmo capítulo, o pesquisador elabora uma linha de raciocínio a respeito da figura do monstro, a qual desemboca em reflexões a respeito do cenário político contemporâneo. Para o autor, os monstros, em todas as épocas e culturas, “possuem como características fortes a perenidade, a repetição e a ambiguidade” (p. 54). Esta tríade conceitual está ligada a duas forças opostas entre si e mitologicamente representadas: Eros e Tanatos. Na leitura psicanalítica, essas forças, que estão em choque dentro do ser humano e são nele intermediadas pela culpa, acabam por se transformar em produções estéticas e temas filosóficos. Messias apresenta, como exemplo desta estreita relação entre as pulsões e o sentimento de culpa, a intolerância patente entre culturas, sociedades e grupos em períodos ou processos históricos como os da Inquisição, as guerras civis, as ditaduras etc. E uma das principais marcas de tais fenômenos sociais é a não-aceitação do outro e a intenção de sua eliminação. Ainda no terceiro capítulo, Messias propõe reflexões sobre o antológico livro publicado em 1573, *Des monstres et des prodiges*, do cirurgião francês Ambroise Paré, para quem só poderíamos ter acesso ao “modo de pensar de um monstro” a partir do ponto de vista do próprio ser humano.

No quarto capítulo, o autor continua as análises de filmes de Guillermo del Toro. Entretanto, aí o foco principal decai sobre a obra *A forma da água*. Um dos ângulos sob os quais Messias a analisa está relacionado com o que chamou de desinvestimento fálico, falicista e falocêntrico. Do ponto de vista psicanalítico, este desinvestimento é uma forte diretriz no filme. Messias acredita que isso “colaborou para assegurar a empatia de um grande público pela obra” (p. 73). *A forma da água*, segundo ele, “parece imbuída do desejo por uma cultura que faça um movimento, ainda que sutil, rumo à desconstrução do modelo patriarcal machista – e, claro, como produto artístico, aí se pronuncia o trabalho inconsciente dos que criaram e produziram o filme” (p. 73).

Nesse que é o último capítulo do livro, Adriano Messias ainda retorna ao complexo tema do êxtimo. A construção deste conceito por Lacan foi realizada recorrendo a referências do campo matemático da topologia. De acordo com Messias, a figura geométrica toroide, usada nesta construção conceitual, busca representar a localização da função do sujeito, “o qual existe primeiramente alheio a si mesmo, no próprio discurso do Outro” (p. 72). Assim, desta perspectiva, o que um sujeito teria de mais íntimo estaria num “fora interno”, e, por isso mesmo, lhe escaparia o tempo todo. O autor enfatiza a beleza da “ambiguidade de nos sentirmos visitados por um estrangeiro que já mora conosco desde sempre, daí a dificuldade – da qual o horror artístico se apropria muito bem – de aceitarmos a extimidade e os furos que a ela são inerentes” (p. 72-73).

Nessa obra, em um movimento permanente, Adriano Messias mobiliza seu método semiótico-psicanalítico para elaborar análises de obras audiovisuais contemporâneas costuradas com observações sobre o conturbado cenário político destas primeiras décadas do século XXI. E a capacidade analítica do autor, amplificada pelo método, delineia os contornos do mal-estar na cultura no cenário contemporâneo. Uma análise bem representativa deste livro ensaístico que começa por examinar signos em obras audiovisuais e deságua em reflexões sobre a condição humana é aquela elaborada no estudo sobre um filme espanhol inspirado num conto basco “*Errementari – o ferreiro e o diabo*” (cf. capítulo 4). A atenção analítica do autor, neste caso, está voltada para dois elementos, a figura do diabo e o desejo, o primeiro deles é uma metáfora do segundo e ambos são índices da encruzilhada ontológica da qual o ser humano não consegue escapar. Um labirinto ontológico. O labirinto do próprio desejo.

Referências

MESSIAS, Adriano. *Todos os monstros da Terra: bestiários do cinema e da literatura*. São Paulo: Educ/Fapesp, 2016a.

_____. Quando os robôs usarem Dior: Angústias Ontológicas e Confusão de Fronteiras em *Real Humans*. In: DENIS, Renó; AMÉRICO, Marcos (org.). *Ficção e documentário: memória e transformação social*. 2016b. Rosário: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2016b.

_____. Entre zumbis, ciborgues e fantasmas: interfaces entre o corpo, a tecnologia e a educação. In: FUSARO, Marcia (org.). *Artes tecnológicas aplicadas à educação*. São Paulo: COD3S, 2018a.

_____. Norman Bates no divã: uma taxidermia sintomatológica do contemporâneo. In: PRIMATI, Carlos; SALDANHA, Beatriz (org.). *Única: estudos hitchcockianos*. São Paulo: Clepsidra, 2018b.

_____. *Comunicação e Antropoceno – os desafios do humano*. São Paulo: Educ, 2019a.

_____. *Todos los monstruos de la Tierra: bestiario del cine y de la literatura*. Madri: Punto de Vista, 2019b.



Diretrizes para autores – TECCOGS

A *TECCOGS – revista digital de tecnologias cognitivas* é um periódico do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). As edições são semestrais e exclusivamente digitais, disponíveis em pucsp.br/pos/tidd/teccogs.

Título, subtítulo, resumo (com no mínimo 1000 e no máximo 2500 caracteres com espaços) e **palavras-chave** (de três a seis termos) do artigo deve aparecer em português e, logo em seguida, traduzidos para o inglês.

O(s) **nome(s) do(s) autor(es)** deve(m) estar logo abaixo do subtítulo do artigo, acompanhado de uma nota de rodapé (escrita em fonte *Times New Roman* tamanho 11 pt, espaçamento simples) contendo currículo e biografia (formação, vínculo acadêmico, área de atuação e e-mail) com, no máximo, cinco linhas.

Cada artigo deve possuir no mínimo 20.000 e no máximo 50.000 caracteres com espaços.

Resenhas devem possuir no mínimo 8.000 e no máximo 13.000 caracteres com espaços.

O **corpo do texto** deve ser configurado em fonte *Times New Roman* tamanho 12 pt, espaçamento 1,5 linhas, parágrafo alinhado à esquerda, sem hifenização. **Citações diretas com quatro linhas ou menos** devem aparecer entre aspas (“”) incorporadas ao corpo do texto, indicando a fonte entre parênteses no modelo “(SOBRENOME [em maiúsculas], ano de publicação, p. [número da página])”, conforme a Norma Brasileira (NBR) 10520 (ago. 2002) da ABNT.

As **citações diretas com mais de quatro linhas** devem ter recuo à esquerda de 4 cm, sem aspas, com fonte *Times New Roman* tamanho 11 pt, espaçamento simples, parágrafo justificado e sem hifenização.

Imagens (fotografias, ilustrações, diagramas, tabelas, gráficos) precisam ter resolução de, no mínimo, 100 dpi/ppi (*pixels* por polegada) e devem estar integrados ao corpo do texto, com imagem e legenda centralizadas e fonte especificada (para imagens da *internet*: “Disponível em: “<site>”. Acesso em: “dia mês abreviado ano”).

O texto deve respeitar o **Novo Acordo Ortográfico da língua portuguesa**, vigente desde 2009. De acordo com a Base XIX da Nova Ortografia, termos como “Inteligência Artificial”, “Psicologia Cognitiva”, “Informática” e “Filosofia” (quando se trata da área de conhecimento) devem iniciar com maiúsculas.

Para elaboração de resumos, citações e referências, a revista segue as NBR 6023 (ago. 2002), 6028 (nov. 2003) e 10520 (ago. 2002) da ABNT. Não são permitidas notas de fim. Notas de rodapé devem ser usadas o mínimo possível, exclusivamente para adicionar observações pontuais, nunca para indicar referências bibliográficas. Em fontes da *internet*, a autoria do texto deve ser indicada entre parênteses, bem como o ano de publicação e endereço e data de acesso.

Todas as obras mencionadas nas referências devem estar citadas ao menos uma vez no texto e, do mesmo modo, toda e qualquer obra mencionada no texto deve constar nas referências.

A TECCOGS disponibiliza um arquivo formato .DOC que serve de *template* com instruções e exemplificações e estilos detalhados para escrever o artigo. [Baixe o modelo aqui](#).