

Um estudo sobre as entradas de dados e a experiência do usuário no desenvolvimento de sistemas computacionais para a Agricultura 4.0

Diogo C. T. Batista¹, Cléber G. Corrêa¹, Letícia M. Peres², Roberto Pereira²

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio – Paraná – Brasil

²Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Curitiba – Paraná – Brasil

diogo@diogocezar.com, clebergimenez@utfpr.edu.br, {lmperes, rpereira}@inf.ufpr.br

Abstract. *abstract*

Resumo. *A Agricultura 4.0 explora a utilização de tecnologia de ponta, que podem incluir: Agricultura e Pecuária de Precisão, a automação, a robótica agrícola, Big Data ou a Internet Das Coisas, por exemplo. A utilização destas tecnologias, busca explorar uma produção mais eficiente, possibilitando, por exemplo, a economia de água na irrigação ou de insumos na adubagem dos solos. Entretanto, o acesso aos recursos necessários para a exploração destas tecnologias, não é realidade de grande parte da comunidade agrícola. Além disso, a resistência a adoção de novas tecnologias é um problema ainda em aberto. Este trabalho busca explorar soluções acessíveis a grande parte da cadeia agrícola, propondo um estudo direcionado ao aumento da eficácia na obtenção de dados a serem explorados por sistemas computacionais. Para isso, o presente trabalho propõe uma busca exploratória relacionada ao enriquecimento das informações referentes às entradas de dados. Isso pode ser feito através de aprimoramentos nas interfaces dos sistemas, melhorando a experiência do usuário, e principalmente, incluindo metadados empíricos, que aproximam o usuário do processo computacional e consideram sua experiência prévia nos resultados a serem inferidos, para o apoio a decisão.*

1. Introdução

Serão grandes os desafios relacionados à utilização de tecnologias digitais como ferramentas de apoio ao trabalho humano de forma eficiente, eficaz e justa [Rose and Chilvers 2018]. Para isso, a humanidade apoia-se nas descobertas e comprovações de milhares de anos da comunidade científica, que proporcionam resultados relevantes, alcançados por meio da exploração das técnicas e métodos descobertos e aprimorados ao longo dos anos.

A indústria é um exemplo de como essa evolução aconteceu. Seu marco se dá com a definição da Era Artesanal, na qual, os bens e serviços eram criados por um único indivíduo: o artesão. Este era responsável por deter todo o conhecimento dos métodos e processos para a fabricação de um produto ou para a prestação de um serviço. Com

a criação e o aperfeiçoamento das máquinas a vapor, estes processos puderam ser minimamente automatizados, e isso deu origem a Primeira Revolução Industrial. A Segunda Revolução Industrial, acontece com a utilização da eletricidade e principalmente dos processos que possibilitaram a implantação produção em massa idealizadas por Henry Ford. Já a Terceira Revolução Industrial se inicia após a Segunda Guerra Mundial, com o descobrimento e a utilização da robótica e do uso de computadores para a automação das indústrias [Souza and Sotsek 2017].

Mais recente, muito tem se falado sobre a Quarta Revolução Industrial, que surge em 2011 na Alemanha, com a proposta de oferecer para a indústria o que há de mais moderno em automação e sistemas inteligentes, possibilitando uma série de melhorias como por exemplo: a redução dos custos, a economia de energia e o aumento da segurança. Essas e outras melhorias têm sido exploradas através da utilização de ferramentas e tecnologias como: *Big Data*, *Analytics*, Serviços de Nuvem, Impressões 3D, Segurança Cibernética, Robôs Autônomos, Internet das Coisas, Sensores sem Fio, Realidade Aumentada, Simulação, Integração Horizontal e Integração Vertical [Souza and Sotsek 2017].

Além da Indústria, outro setor que evoluiu muito ao longo dos anos foi a Agricultura. Este, foi fundamental para alavancar o desenvolvimento das civilizações ao longo da história, possibilitando que comunidades nômades se estabilizassem em determinadas regiões, explorando técnicas agrícolas para a produção de seu sustento. Entretanto, o cenário atual é bem diferente dos enfrentados pelas primeiras civilizações, o crescimento populacional, e a tendência das pessoas a se tornarem cada vez mais exigentes com o que é consumido, gera um grande desafio para o setor agrícola, que precisa se posicionar eficientemente para atender estas demandas. Desta forma, novas técnicas vêm sendo exploradas, estas, compõem o termo Agricultura 4.0, ou Agricultura Digital. Estas técnicas utilizam os mesmos métodos e processos inovadores já explorados pela Indústria 4.0, incluindo: Agricultura e Pecuária de Precisão, a automação e a robótica agrícola, além de outras técnicas como *Big Data* e Internet Das Coisas. [Ribeiro et al. 2018]

A utilização de componentes tecnológicos não é uma novidade na Agricultura, a exploração, por exemplo, de tecnologias como o *Global Positioning System* (GPS), estão presentes já a algum tempo na linha de produção agrícola, conhecida como Agricultura de Precisão. A Agricultura 4.0 expande as possibilidades de explorações tecnológicas, com a utilização por exemplo de: **Sensores**; que possibilitam a coleta automática de dados sobre o solo; **Veículos Aéreos Não Tripulados (Drones) ou Satélites**, que podem apresentar recursos de imagem cada vez mais avançados, auxiliando no aumento de produtividades e ajudando a reduzir danos nas lavouras, visto que possibilitam o monitoramento em tempo real; **Smartphones**, que proporcionam uma interface de entrada e saída de dados rápida, acessível e já conhecida por seu usuário [Shepherd et al. 2018].

Não há dúvidas de que a tecnologia pode colocar a agricultura em seu próximo nível. A Agricultura 4.0 aliada à produções mais variadas e a utilização de sistemas de apoio à decisões podem levar à produções mais eficientes e ao consumo mais inteligente e sustentável. Entretanto, essa transição não é uma tarefa simples. Segundo [Rose and Chilvers 2018], a utilização destas ferramentas tecnológicas devem mudar a forma como os agricultores interagem com suas plantações, com isso, cada vez menos os trabalhadores precisam colocar a “mão na massa”, mudando a forma como sempre interagiam com seu ofício. E isso pode dificultar a adesão de novas tecnologias. A utilização

das técnicas relacionadas a agricultura de precisão demonstraram certa resistência por parte dos agricultores [Rose and Chilvers 2018]. Entretanto, o uso em larga escala de Inteligência Artificial (IA), robótica e outras inovações emergentes, tem o claro potencial de causar consequências sociais não intencionais, imprevistas e indesejadas. Por este motivo, é importante focar em uma peça fundamental para o sucesso da aplicação de novas tecnologias: o usuário.

Grande parte das tecnologias adotadas pela Agricultura 4.0 estão inseridas (pelo menos em algum momento) em um sistema computacional. Sabe-se que um sistema computacional é basicamente composto pela *entrada de dados*, o seu *processamento* e a disponibilização dos seus *resultados*. As duas últimas etapas dependem da qualidade da fonte de dados ou seja da entrada das informações. [Torres 2013]

No âmbito agrícola, por mais automatizados que possam estar os processos de obtenções dos dados, com sensores automáticos ou análise de imagens, por exemplo, há dois principais pontos que podem aumentar ainda mais a resistência à adoção das tecnologias: *Indisponibilidade de Equipamentos* ou *Conhecimento Empírico*. No cenário atual, não são todos os agricultores que podem destinar parte do seu faturamento para a aquisição de equipamentos modernos que facilitariam a coleção de dados. Além disso, existe uma variável de grande importância que deve ser inserida na equação da Agricultura 4.0, a experiência do agricultor com a sua propriedade. Segundo [Rose and Chilvers 2018] aproximar o usuário final do processo tecnológico, pode ser uma estratégia eficiente para a adoção de novas tecnologias.

Dessa forma, o presente projeto pode contribuir com determinados *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*, descritos pela Nações Unidas [Nações Unidas 2020]. Neste documento, descreve-se 17 objetivos que buscam concretizar os direitos humanos e promover a igualdade. Para isso, tais objetivos e metas são descritos com o intuito de estimular ações para os próximos 15 anos, em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta. Dentre os objetivos, dois deles tem relação direta com este trabalho:

- *Objetivo 2: Fome zero e agricultura sustentável* - Aumentar a eficiência da produção agrícola é consequência direta da proposta deste trabalho. A criação de interfaces inclusivas e que consideram a experiência profissional do usuário podem proporcionar dados de entradas mais refinados, que consequentemente, podem melhorar os resultados de apoio a decisão.
- *Objetivo 12: Consumo e produções sustentáveis* - Neste quesito, o trabalho contribui com a proposta de uma solução eficiente, acessível (utilizando um smartphone como equipamento, por exemplo) e sem a necessidade da aquisição de novos equipamentos para integrações tecnológicas.

2. Objetivo

O objetivo é analisar as informações de entradas de usuários de dispositivos móveis que atuam em zonas agrícolas, especialmente *smartphones*, para o desenvolvimento de sistemas computacionais no âmbito da Agricultura 4.0, incluindo sistemas de suporte a decisão agrícolas. As entradas não devem ser somente texto, com anotações e preenchimento de formulário de atributos, mas também: imagens, discursos (reconhecimento de voz), modelos tridimensionais, vídeos e etc; bem como combinações de entradas, como imagens

com anotações textuais, ou sobreposições de destaques em áreas da imagem, permitindo maior interações com as imagens e demais entradas de dados.

Como pode ser visto em [Massruhá and de Andrade Leite 2017], muitos dos trabalhos compilados, focam nos resultados obtidos pela análise das informações obtidas através das saídas do sistemas computacionais. No cenário proposto pela Agricultura 4.0 grande parte dos trabalhos entendem que as informações que alimentam os sistemas, podem ser obtidas de forma automatizada, através de sensores ou pela análise de imagens, por exemplo, entretanto nem sempre essa é uma realidade aplicável a todos, pelo alto custo e difícil aderência. Outros sistemas, utilizam ainda, apenas entrada manual de informações por parte dos seus usuários, normalmente através de formulários com campos pré definidos (comumente dados no formato texto).

Outro objetivo do presente trabalho é analisar e propor métodos de entrada de dados que levem em consideração não somente a transcrição exata do estado atual observado pelo coletor das informações, mas também os seus *insights* com base em sua experiência e observação. Esta análise, deve considerar a necessidade dessas entradas, como forma de usar a experiência dos usuários em campo pelo sistema; o desenvolvimento das interfaces de *smartphones* para essas entradas (gráficas e voz); a diversidade de usuários (agricultores, técnicos agrícolas, engenheiros agrônomos); a relação dessas entradas com outras informações (imagens, temperatura, umidade, biomassa etc), provenientes de sensores, como dispositivos posicionados na plantação, imagens de satélites, veículos aéreos não tripulados, etc, podendo complementar o processamento de informações.

No cenário agrícola, são vários os papéis dos profissionais que compõem toda a cadeia de produção. Entretanto, a obtenção dos dados utilizados nos sistemas computacionais de apoio à agricultura, quando inseridas de forma manual, normalmente, levam em consideração apenas uma única fonte de informações, que quase sempre é o próprio agricultor. Apesar dos possíveis conhecimentos coletados, a informação poderia ser enriquecida, se neste processo, houvesse por exemplo a visão de outros usuários. Por exemplo, para uma nova praga identificada em uma folha de soja, o **agricultor** poderia inserir as informações relacionadas as suas experiências, como por exemplo se já houve alguma praga com indícios semelhantes aos encontrados, a quanto tempo, por quanto tempo, e como foi resolvido. Enquanto que o **engenheiro agrônomo** poderia inserir para esta mesma entrada informações extraídas de sua experiência em outras fazendas, por exemplo. Desta forma consegue-se extrair diversas **dimensões** a partir de uma única entrada de dados. [Walling and Vaneeckhaute 2020]

Segundo uma pesquisa divulgada pela FGV-SP ¹ o Brasil tem hoje dois dispositivos digitais por habitante, incluindo *smartphones*, computadores, *notebooks* e *tablets*. Em 2019, o País terá 420 milhões de aparelhos digitais ativos. Desta forma, fica bastante claro que estes dispositivos já fazem parte do dia a dia de muitas pessoas, inclusive dos que fazem parte de toda a cadeia Agrícola.

A utilização de *smartphones* e computadores, propõe uma solução acessível para um dos pontos em [Rose and Chilvers 2018], que argumenta, que é necessário ampliar as noções de “inclusão” em inovação responsável para atender às diversas formas que a que os agricultores devem interagir com as fazendas inteligentes. Estes dispositivos já fazem

¹Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa>

parte da rotina de trabalho do público alvo, não sendo necessários outros investimentos ou aquisições, e ainda assim, possibilitando a inclusão deste público em novas ferramentas criadas para a Agricultura 4.0.

Desta forma, este trabalho propõe a pesquisa e exploração de métodos e métricas para aprimorar (através da usabilidade) e enriquecer (através da inclusão do usuário) as entradas de dados para sistemas computacionais agrícolas. Com o foco em aparelhos acessíveis (*smartphones*) como fonte de coleta de dados. Além disso, toda a etapa de validação deve verificar a eficiência e eficácia com comparações das aplicações das técnicas propostas pelo trabalho.

3. Cenário Possível

Para ilustrar as possibilidades a serem exploradas, descreve-se um cenário hipotético imaginado no qual:

1. Um usuário, motivado pelo desconhecimento de uma praga, captura uma imagem de um inseto em uma planta de soja usando seu *smartphone*;
2. A imagem pode receber informações adicionais do usuário no próprio *smartphone*, tais como: anotações da quantidade, nome do inseto, enfatizando o tamanho do inseto e o estágio fenológico da planta;
3. Ainda na imagem, pode ser possível a inclusão de anotações ou destaques em pontos que pudessem ser circutados, pelo usuário, demonstrando pontos de atenção que pudessem ser analisados;
4. Duas imagens poderiam servir de fonte de dados: a original e a com as anotações do usuário;
5. Por conta de uma possível dificuldade de conexão (muito comum no cenário rural) o envio das informações pode não acontecer imediatamente. Mas a operação pode ser marcada como sucesso, deixando essa atividade uma fila de execução em *background*;
6. O próprio sistema registra as coordenadas de geolocalização bem como e o momento (horário/dia) desta captura ou oferece a possibilidade de inserção manual destas informações (prevendo a instabilidade da conexão);
7. Ao receber as informações, um sistema computacional em nuvem, pode relacionar as imagens recebidas com uma ou mais imagens aéreas, capturadas por veículos aéreos não tripulados da mesma região onde está a planta ou regiões adjacentes em um ou mais momentos anteriores, buscando por insetos. Além disso, um outro ponto importante é que a base de conhecimento pode ser compartilhada, enriquecendo as informações a serem inferidas.

4. Trabalhos Relacionados

Na exploração dos trabalhos relacionados, fica evidente que a maioria dos trabalhos que abordam às inovações da Agricultura 4.0 focam nos resultados obtidos. São poucas as explorações com relação ao refinamento das entradas de dados.

O trabalho de [Zhai et al. 2020], apresenta como desafios para os sistemas de apoio a decisão: a simplificação de interfaces gráficas dos usuários e utilização de conhecimento dos especialistas do domínio do sistema. Além disso, são abordadas alternativas às entradas de dados comuns, como por exemplo: a utilização do reconhecimento de voz

ou a utilização gestos. Outro ponto importante é relacionado ao processo de extração das informações da fonte de dados. Modelos tridimensionais, análise de imagens ou vídeos, e imagens interativas podem ser pontos ainda a serem explorados no contexto em que este trabalho se aplica. Este tema relaciona-se com o trabalho proposto validando a necessidade da aprimoração das interfaces utilizadas para a extração dos dados de forma eficiente e agradável.

[Gutiérrez et al. 2019], demonstra através da comparação de trabalhos, que a utilização de diversas fontes de informações de entradas é um ponto desejável para a automatização e autonomia na Agricultura 4.0. As principais comparações estão relacionadas às formas de visualização de dados já processados. As entradas dos dados são tratadas de forma superficial. Este trabalho reafirma a preocupação do presente trabalho em inserir diversas dimensões em uma mesma fonte de dados, e que o processo de obtenção de dados refinados pode aprimorar os resultados obtidos.

Nos trabalhos de [Walling and Vaneeckhaute 2020] e [Lundström and Lindblom 2018] demonstra-se a importância da participação do usuário no processo de obtenção dos dados. Profissionais com a experiência de seu domínio, são capazes de enriquecer toda a cadeia de inferência nos sistemas de apoio a decisão. Com este trabalho, fica claro que a participação multidisciplinar em toda a cadeia dos sistemas de apoio a decisão podem fazer uma diferença expressiva nos resultados.

O sistema AgroDSS, explorado por [Rupnik et al. 2019] é um exemplo de sistema elegível às melhorias propostas por este trabalho. Nesta abordagem, a maioria dos dados coletados é baseado apenas em informações inseridas através de formulários de atributos textuais.

Já o sistema Adama Alvo ² é um aplicativo para auxiliar na identificação de doenças, pragas e ervas daninhas em diferentes culturas. Um dos seus principais objetivos é fornecer uma base de dados offline para o usuário, de forma que seja possível analisar e comparar em tempo real uma praga encontrada em uma folha com uma foto da mesma. Além disso, o aplicativo permite o envio de imagens por parte do usuário para serem analisadas pelos especialistas da Adama, que posteriormente podem catalogá-la e disponibilizá-la no aplicativos, auxiliando outros agricultores.

5. Métodos e Materiais

Os métodos para a realização da pesquisa incluem:

- Projeto e desenvolvimento de protótipos de sistemas computacionais (aplicativos) para validação;
- Planejamento, organização e execução de experimentos envolvendo usuários, normalmente com a utilização de questionários para coletar opiniões referentes as percepções desses usuários na interação humano-computador. No âmbito de experimentos com usuários, será realizada a submissão de projeto para avaliação de Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UTFPR³ (CEP-UTFPR), utilizando a Plataforma Brasil, do Ministério da Saúde⁴;

²Disponível em: <https://www.adama.com/brasil/pt/adama-inovacao/adama-alvo>

³<http://www.utfpr.edu.br/comissoes/permanentes/comite-de-etica-em-pesquisa>

⁴<http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>

- Revisão da literatura, podendo utilizar métodos formais de pesquisa, como a revisão sistemática, que fornece um protocolo para o levantamento bibliográfico [Kitchenham 2004];
- Análise de resultados utilizando testes estatísticos para verificar a significância das diferenças entre os grupos amostrais comparados (Friedman, ANOVA – Análise da Variância, t-test, Wilcoxon, Mann-Whitney etc); e estatística descritiva (principalmente gráficos). Os testes estatísticos dependem das características dos dados (normalidade da distribuição, homogeneidade das variâncias, independência e aleatoriedade na coleta etc) e oferecem intervalos de confiança para a análise.

Os materiais envolvem a utilização de *smartphones*, dos próprios usuários; bem como serviços de nuvem para processamento das informações adicionadas pelos usuários. Uma avaliação da aquisição de determinados sensores para medição de informações como temperatura e umidade do solo, será realizada. Adicionalmente, informações de terceiros podem ser empregadas, tais como imagens de satélites e de sítios eletrônicos sobre o clima.

A cultura foco provavelmente será a de soja, devido a parceria da UTFPR com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), situada em Londrina, que trabalha especialmente com a produção da soja. A Embrapa é uma empresa pública de pesquisa vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil. O seu principal objetivo é a viabilização de soluções provenientes de pesquisas, além do desenvolvimento para a sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade Brasileira.

A parceria atualmente visa o desenvolvimento de dois sistemas:

- Sistema para identificação de pragas, doenças e plantas daninhas da cultura de soja, com suporte *web* e dispositivos móveis. A utilização de imagens capturadas pelos usuários é um dos requisitos do sistema;
- Sistema para acompanhamento do crescimento da planta de soja, apresentando os estádios fenológicos, com suporte *web* e dispositivos móveis. A utilização de modelos tridimensionais e vídeos para saída de informações ou visualização por parte dos usuários está prevista.

6. Plano de Trabalho e Cronograma

O plano de trabalho é composto pelas seguintes atividades principais, dispostas no cronograma apresentado na tabela 1, separadas por quadrimestres de cada ano:

1. Obtenção de créditos, cursando disciplinas;
2. Estudo de métodos para mapeamento ou revisão sistemática, permitindo o levantamento de trabalhos na literatura;
3. Estudo do estado da arte, considerando sistemas computacionais para dispositivos móveis voltados para a agricultura 4.0 e seus usuários;
4. Levantamento de requisitos, especialmente funcionalidades relacionadas as entradas de dados dos usuários;
5. Exame de proficiência de língua estrangeira;
6. Exame de qualificação;

7. Especificação de um sistema computacional para dispositivos móveis, indicando a arquitetura do sistema e principais desafios no desenvolvimento;
8. Implementação de protótipo para validação;
9. Elaboração de documentação para Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UTFPR;
10. Testes envolvendo usuários;
11. Redação de artigos científicos a serem submetidos aos principais eventos e periódicos da área de interesse;
12. Redação da tese;
13. Defesa.

Tabela 1. Cronograma de execução

Atividades	1º Ano			2º Ano			3º Ano			4º Ano		
	1ºQ	2ºQ	3ºQ	1ºQ	2ºQ	3ºQ	1ºQ	2ºQ	3ºQ	1ºQ	2ºQ	3ºQ
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												

Com o objetivo de manter a constante comunicação, e principalmente o acompanhamento e direcionamento das atividades, reuniões semanais devem organizar os alinhamentos do projeto. Estas reuniões podem acontecer de forma presencial (quando possível) ou através de video chamadas.

7. Resultados Esperados

Pretende-se com a análise das entradas de informações dos usuários, verificar a importância e o impacto em processos de Engenharia de Software, como o desenvolvimento de sistemas computacionais para a Agricultura 4.0. Conforme a literatura, há um maior interesse nas saídas de informações para os usuários em sistemas computacionais para a agricultura, especialmente nos sistemas de tomada de decisão.

Pretende-se também, a partir da análises dos resultados dos experiemtnso criados, a obtenção de indicadores que comprovem a eficiência e eficácias na aplicação dos métodos e métricas a serem exploradas durante a execução deste trabalho.

Espera-se, por fim, a submissão de artigos para conferências e periódicos científicos da área de Ciência da Computação para publicação, como o *ACM Computing*

Surveys, Computer Graphics and Applications, Journal on Interactive Systems, Computers and Electronics in Agriculture, Symposium on Applied Computing, Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software.

Referências

- Gutiérrez, F., Htun, N. N., Schlenz, F., Kasimati, A., and Verbert, K. (2019). A review of visualisations in agricultural decision support systems: An hci perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163:104844.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Keele university. technical report tr/se-0401, Department of Computer Science, Keele University, UK.
- Lundström, C. and Lindblom, J. (2018). Considering farmers' situated knowledge of using agricultural decision support systems (agridss) to foster farming practices: The case of cropsat. *Agricultural Systems*, 159:9 – 20.
- Massruhá, S. M. F. S. and de Andrade Leite, M. A. (2017). Agro 4.0 - rumo à agricultura digital. pages 28–35.
- Nações Unidas (2020). 17 objetivos para transformar o nosso mundo. <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acessado em: 29 mai. 2020.
- Ribeiro, J. G., Marinho, D. Y., and Espinosa, J. W. M. (2018). Agricultura 4.0: Desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. *Simpósio de Engenharia de Produção*.
- Rose, D. C. and Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: Broadening responsible innovation in an era of smart farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2:87.
- Rupnik, R., Kukar, M., Vračar, P., Košir, D., Pevec, D., and Bosnić, Z. (2019). Agrodss: A decision support system for agriculture and farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161:260 – 271. BigData and DSS in Agriculture.
- Shepherd, M., Turner, J. A., Small, B., and Wheeler, D. (2018). Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Souza, L. A. M. and Sotsek, N. C. (2017). Indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura nacional.
- Torres, G. (2013). *Hardware*. NovaTerra.
- Walling, E. and Vaneeckhaute, C. (2020). Developing successful environmental decision support systems: Challenges and best practices. *Journal of Environmental Management*, 264:110513.
- Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., and Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170:105256.