



Transferência de tecnologia na agricultura 4.0

Technology transfer in agriculture 4.0

DOI: 10.55905/oelv21n11-177

Recebimento dos originais: 20/10/2023

Aceitação para publicação: 20/11/2023

Fernando Xavier Dias

Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação
Instituição: Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de
Tecnologia para a Inovação da Universidade do Estado de Minas Gerais
(PROFNIT – UEMG)

Endereço: Av. Escócia, 1001, Cidade das Águas, Frutal - MG, CEP: 38202-436

E-mail: fernandoxavier29@yahoo.com.br

Rafael Ventura

Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação
Instituição: Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de
Tecnologia para a Inovação da Universidade do Estado de Minas Gerais
(PROFNIT – UEMG)

Endereço: Av. Escócia, 1001, Cidade das Águas, Frutal - MG, CEP: 38202-436

E-mail: rafael.1098289@discente.uemg.br

Miriam Pinheiro Bueno

Doutora em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar
Instituição: Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de
Tecnologia para a Inovação da Universidade do Estado de Minas Gerais
(PROFNIT – UEMG)

Endereço: Av. Escócia, 1001, Cidade das Águas, Frutal - MG, CEP: 38202-436

E-mail: miriam.bueno@uemg.br

RESUMO

O presente trabalho abordou os aspectos da transferência de tecnologia na Agricultura 4.0. A importância do processo de transferência é fundamental para o desenvolvimento das inovações tecnológicas, já que proporciona a interação dos atores: pesquisadores, setor público e setor privado. As modernas inovações tecnológicas influenciaram, decisivamente, na evolução da produção agrícola. Atualmente, a denominada Agricultura 4.0 tem sido destaque em termos de aumento de produtividade, eficiência e sustentabilidade, em virtude do uso de tecnologias digitais: *internet* das coisas, inteligência artificial, *big data*, robótica, etc. Diante do contexto, o trabalho tem como objetivo analisar o processo de transferência de tecnologia na agricultura 4.0, aplicando os procedimentos metodológicos de abordagem dedutiva e qualitativa, método exploratório, descritivo e revisão bibliográfica. Os resultados apontaram os impactos do processo de

transferência da tecnologia na evolução da Agricultura 4.0, enfatizando as melhorias e apontando as dificuldades. Conclui-se a importância de P&D e do papel das ICT's no processo de transferência. O trabalho contribuiu para a formação de uma visão sistêmica da relevância da colaboração dos diversos atores em busca do desenvolvimento econômico e sustentável. Para trabalhos futuros sugere-se analisar as circunstâncias que impedem a abrangência da conectividade no meio rural e, também, sobre as causas da resistência dos produtores em utilizar as inovações tecnológicas.

Palavras-chave: inovações tecnológicas, agricultura de precisão, digital, internet.

ABSTRACT

This paper looked at aspects of technology transfer in Agriculture 4.0. The importance of the transfer process is fundamental to the development of technological innovations, as it provides interaction between the actors: researchers, the public sector and the private sector. Modern technological innovations have had a decisive influence on the evolution of agricultural production. Today, what is known as Agriculture 4.0 has been highlighted in terms of increased productivity, efficiency and sustainability, due to the use of digital technologies: internet of things, artificial intelligence, big data, robotics, etc. Given this context, the aim of this work is to analyze the process of technology transfer in Agriculture 4.0, applying the methodological procedures of a deductive and qualitative approach, an exploratory and descriptive method and a literature review. The results show the impact of the technology transfer process on the evolution of Agriculture 4.0, emphasizing improvements and pointing out difficulties. The importance of R&D and the role of ICTs in the transfer process is concluded. The work contributed to the formation of a systemic vision of the importance of collaboration between the various players in the search for economic and sustainable development. For future work, we suggest analyzing the circumstances that prevent connectivity from reaching rural areas and also the causes of producers' resistance to using technological innovations.

Keywords: technological innovations, precision agriculture, digital, internet.

1 INTRODUÇÃO

A transferência de tecnologia tem sido cada vez mais decisiva nos processos de desenvolvimento das inovações tecnológicas, pois ela contribui para a interação dos diversos agentes envolvidos na produção da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I).

Esse processo de transferência é constituído pelas etapas de inovação, patentear, licenciamento e utilização comercial da tecnologia pelo titular ou por terceiros, o que permite a modificação significativa do equilíbrio econômico, revolucionando os

padrões de produção, criando novas formas de geração de riquezas eficientes e sustentáveis (Carvalho, 2019).

Na era digital, impulsionada pela Indústria 4.0, a agricultura brasileira tem alcançado posição de destaque no cenário mundial em consequência da utilização dessas tecnologias inovadoras, onde não há mais a separação da realidade física da virtual, já que a conectividade está incorporada em todo o sistema produtivo, formando o conceito de fazendas digitais ou tecnológicas (Forbes, 2022; Massruhá; Leite, 2017).

Os processos de transferência de tecnologia utilizados na Agricultura 4.0 têm avançado a produção, por meio do melhoramento genético das culturas e maior precisão na utilização dos insumos com a introdução de automação e conectividade nas máquinas e veículos, diminuindo custos e tempo, colaborando para a redução dos impactos ambientais (Esperidião; Santos; Amarante, 2019).

Diante do contexto, o trabalho levanta um questionamento: como ocorre a transferência de tecnologia na agricultura 4.0? O questionamento se justifica porque a agricultura elevou ainda mais seus aparatos tecnológicos, baseados na inteligência artificial, internet das coisas, *Big Data* agrícola, com intuito de aumentar a produtividade calcada principalmente na assertividade e sustentabilidade (Lucas; Campos, 2023). Essa evolução tecnológica acarreta grandes desafios aos produtores, dado ao elevado custo de investimento, a necessidade de mão de obra qualificada e especializada, além da quebra de paradigmas em termos tecnológicos e de gestão (Embrapa, 2018).

Portanto, o trabalho tem como objetivo analisar o processo de transferência de tecnologia das inovações tecnológicas na agricultura 4.0.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho foi realizado com base em abordagem dedutiva e qualitativa, método exploratório, descritivo, revisão bibliográfica com a utilização de dados secundários e análise de dados comparativos da literatura, já que “ a pesquisa científica é um processo de construção de conhecimento com base no método científico, que é o caminho da ciência que nos permite solucionar problemas em qualquer área do conhecimento” (Martelli *et al.*, 2020, p. 470).

Segundo González (2020), a pesquisa qualitativa considera uma gama de características e perspectivas de caráter polissêmico com a finalidade de evidenciar situações sociais ou educacionais tratadas como problema pelos respectivos atores sociais. Dessa forma o conteúdo serviu de base para estipular comparações pontuais. Em virtude da abordagem qualitativa empregada ao trabalho, realizou-se uma análise processual na agricultura 4.0 com foco na transferência de tecnologia.

Utilizou-se a pesquisa exploratória com o intuito de compreender conceitos e fenômenos desconhecidos em busca de informações necessárias e promissoras (Frainer, 2020). No trabalho foi explorado assuntos sobre o tema proposto para entender a transformação na agricultura brasileira.

Segundo Gil (2019), a pesquisa descritiva é aplicada com a finalidade de observar, registrar e analisar os resultados obtidos com a utilização de técnicas padronizadas para a coleta de dados e observação sistemática. No trabalho foi descrito etapas/períodos da transferência de tecnologia na agricultura brasileira por meio de pesquisas secundárias em materiais científicos e outros que abordam o assunto.

De acordo com Marconi e Lakatos (2017), a revisão ou pesquisa bibliográfica, tem por finalidade colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito sobre determinado assunto. Para Gil (2019), a revisão bibliográfica tem como principais exemplos as investigações sobre ideologias ou aquelas que se propõem à análise das diversas posições acerca de um problema.

A proposta de revisão bibliográfica foi embasada em autores e *sites* que fazem referência ao assunto. A pesquisa e levantamento de dados foi realizada por meio de *sites* confiáveis, livros, artigos, e artigos científicos, periódicos, revistas, *blogs*, *sites* governamentais, *google* acadêmico, dentre outros.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Nesse tópico foram abordados os temas transferência de tecnologia, agricultura, agricultura 4.0 e tecnologias inovadoras na agricultura 4.0.

3.1 TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

O processo de transferência de tecnologia tem contribuído decisivamente para que obtentores, pesquisadores, agricultores e empresários participem ativa e conjuntamente das etapas de desenvolvimento das inovações tecnológicas no meio rural (Dalbosco *et al.*, 2018).

A evolução da agricultura está diretamente ligada com a transferência de tecnologia, na era moderna, o desempenho produtivo é cada vez mais questionado em busca da alta produtividade, alinhada a economicidade, geração de riqueza e sustentabilidade. As inovações tecnológicas têm um papel fundamental para todos os usuários envolvidos, que necessitam de uma colaboração conjunta e efetiva para o desenvolvimento e melhoria dessas tecnologias (Sabonaro; Carmo, 2020).

De acordo com *Shumpeter* (1988), a inovação tecnológica modifica significativamente o equilíbrio econômico, alterando os padrões de produção, contribuindo para novas fontes e formas de geração e obtenção de riqueza, criando diferenciais competitivos para as empresas.

Um dos grandes desafios da atualidade, conforme enfatiza Ferreira (2018), é justamente conciliar a interação sistêmica, efetiva e sustentável dos principais agentes de desenvolvimento que atuam com Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I): Governo, empresas/produtores e as instituições de ensino e pesquisa. Ainda, segundo a autora, o Modelo da Hélice Tríplice defendido por Leydesdorff e Etzkowitz em 1996 destaca essa inter-relação e a necessidade de cooperação mútua dos três atores com o mesmo propósito, voltados aos aspectos essenciais para o desenvolvimento de um cenário suscetível à inovação, à geração e à difusão da ciência e do aprendizado.

A Lei da Inovação nº 10.973/2004 dispõe sobre essas parcerias, disciplinando o papel das Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) que por meio dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) têm como missão desenvolver ações voltadas para a transferência de tecnologia decorrentes da interação entre o setor acadêmico e o mercado.

A transferência de tecnologia é um processo estruturado em várias fases, iniciada pela revelação da invenção, seu patenteamento e licenciamento, concretizando-se com a

utilização comercial da tecnologia por terceiros mediante a contraprestação de *royalties* (Carvalho, 2019).

Dentre os diversos agentes responsáveis por essa transferência de tecnologia na agricultura, destaca-se o papel da Embrapa como uma das principais ICT's que atuam na Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) com intuito de auxiliar produtores rurais, agricultores familiares e cooperativas na adoção de tecnologias inovadoras voltadas a produtividade e a sustentabilidade (Viola; Mendes, 2022).

Nessa perspectiva, Neves e Marques (2019) ressaltam que a transformação da produção associada a tomada de decisão embasada em recursos eletrônicos de monitoramento, gestão e algoritmos formam o denominado agronegócio preditivo. Barossi Filho e Sztajn (2021) reforçam que o uso da tecnologia da informação promoveu uma ruptura no processo decisório dos agricultores, até então baseada na tradição, experiência e intuição, passando a apoiar-se em informações precisas e em tempo real das variáveis que influenciam a produtividade e a sustentabilidade.

Embora todo esse aparato tecnológico esteja disponível, Bueno (2020, p. 25) salienta que “os processos de inovação e seus impactos econômicos ainda são considerados deficientes, considerando, por exemplo, as dificuldades de difusão de tecnologia e baixo índice de adoção de tecnologias fundamentais”.

Diante disso, Marmentini (2021) adverte sobre os obstáculos de acesso a essas novas soluções de produção, como por exemplo: maquinários, insumos modernos, serviços agrícolas de apoio, profissionais qualificados e especializados, além da mudança de paradigmas em relação à gestão e à utilização da tecnologia (Embrapa, 2018).

Barrosi Filho e Sztajn (2021) e Zapparoli (2020) salientam que a utilização das inovações tecnológicas está transformando a agricultura brasileira, apesar do seu uso incipiente em decorrência da falta de estrutura tecnológica robusta capaz de interligar todas as inovações presentes na Agricultura 4.0, é o caso da baixa e/ou ausência de conectividade com a *internet* nas propriedades rurais.

Na próxima seção será abordado a evolução da agricultura e a importância da transferência de tecnologia para o seu desenvolvimento.

3.2 AGRICULTURA E AGRICULTURA 4.0

A Agricultura no Brasil, ao longo do tempo, passou por transformações, por meio de períodos evolutivos, iniciando-se com a produção tradicional, tida como agricultura 1.0, fazendo uso de métodos rudimentares, utilização de elevada laboração do ser humano, emprego de tração animal nas atividades do campo, conseqüentemente escassa aplicabilidade da tecnologia, prevalecendo até a metade do século passado (Viola; Mendes, 2022).

Posteriormente, surgiu Agricultura 2.0, compreendida entre os anos de 1950 a 1990, denominada de revolução verde, foi introduzindo máquinas a combustão, tratores e a ciência, com o uso de novas técnicas de cultivo, incorporando paulatinamente técnicas de insumos artificiais (pesticidas, fertilizantes, herbicidas), emprego da biotecnologia e engenharia agrônômica integrativa, com o intuito de produção em massa de *commodities* (Seidler; Fritz Filho, 2016).

Na década de 1990, iniciou-se a Agricultura 3.0, balizada de tecnologias digitais, também denominadas tecnologia da informação e comunicação (TICs), na agricultura, configurada por agrupamentos integralizados de gestão da agropecuária e administração de fazendas, por meio de acompanhamento remoto de colheitas, e a agricultura de precisão, com elevado progresso em biotecnologia, englobando as etapas introdutórias do desenvolvimento da agroinformática e da bioinformática (Viola; Mendes, 2022).

O alto nível que a agricultura se encontra é consequência da inovação empregada de forma ininterrupta, consolidando desta forma um novo ciclo de tecnologia. Desta maneira, atualmente, não há mais a divisão do universo físico e virtual, sendo assim, a conectividade auxilia a vida das pessoas (Vdma Verlag, 2016).

Pode-se conceituar o modelo atual de cultivar da Agricultura 4.0, o emprego na lavoura de métodos de precisão, automação e robótica agrícola, aliado a técnicas de *Big Data* e de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), que auxiliam no conceito das fazendas digitais ou fazendas tecnológicas (*digital farm* ou *smart farm*) (Massruhá; Leite, 2017).

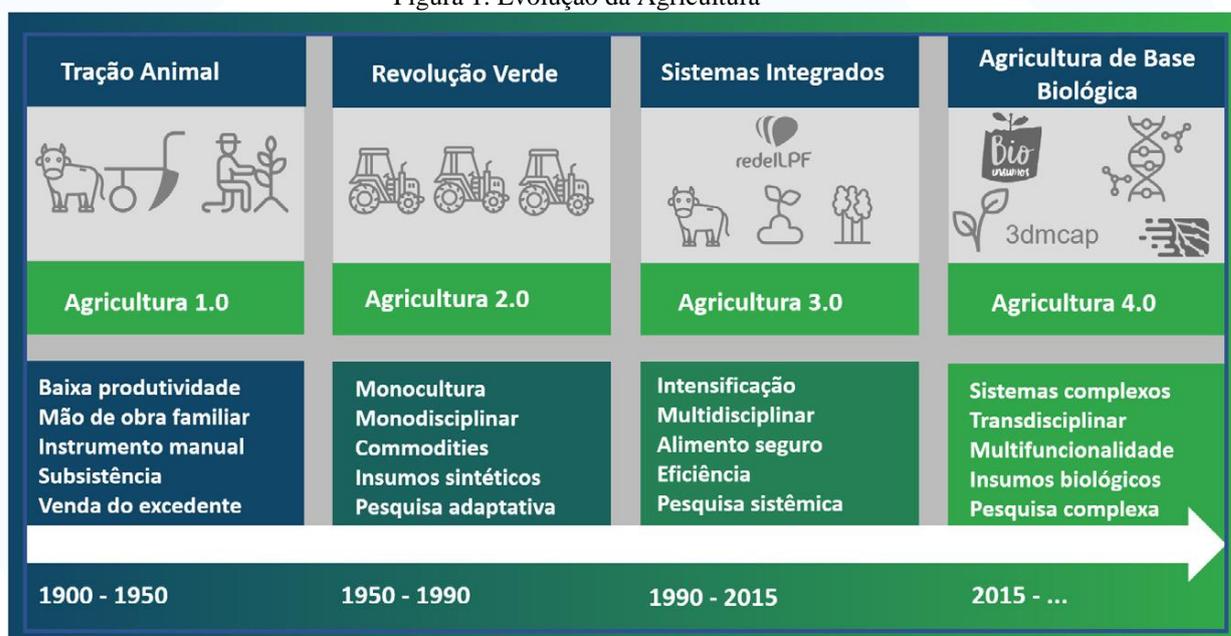
A evolução tecnológica do cenário contemporâneo tem participação de tecnologias predecessoras, que no decorrer dos anos foram sendo aprimoradas e

consequentemente incorporadas máquinas municiadas de inteligência artificial, instrumentos com conexão 5G, *softwares*, robôs autônomos e sensores (Forbes, 2022).

Com a alta demanda de tecnologia no setor rural, impulsionados por meio da agricultura 4.0, ocorreu a eclosão de *startups* de tecnologia, denominadas “*agtechs*”, com o intuito de atender a demanda tecnológica do setor Agro 4.0, todavia, esbarram na limitação do setor rural que é o acesso à *internet* (Massruhá; Leite, 2017).

A Figura 1 ilustra como foi a evolução e as fases da Agricultura no Brasil.

Figura 1. Evolução da Agricultura



Fonte: Adaptado de Pilon (2017).

De acordo com a Figura 1, em 1900 a 1951, Agricultura 1.0 era praticada pela tração animal que resultava em baixa produtividade, mão de obra familiar, instrumento manual, subsistência e venda do excedente. No período de 1950 a 1990, ocorreu a denominada Agricultura 2.0, alcunhada de Revolução Verde, por meio de pesquisa integrativa, produzindo uma única cultura, utilizando matéria-prima sintética, e o manuseio de máquina agrícola movida por combustível fóssil;

No período de 1990 a 2015, a nominada Agricultura 3.0, começa a inserir ao campo tecnologias digitais, por inferência de sistemas integrados, acompanhando o

desenvolvimento da agricultura e agropecuária, visando maior eficiência e segurança no cultivo dos alimentos. A Agricultura 4,0, é o cultivo do campo, por meio de pesquisas avançadas na área de insumos biológicos, associado ao emprego da tecnologia de ponta, conectividade e sensoriamento remoto, SIG's (Sistema de Informação Geográfica).

3.3 TECNOLOGIAS INOVADORAS NA AGRICULTURA 4.0

A tecnologia está à disposição em diversificadas esferas de produtividade, inovando a cada dia as relações laborativas, de conhecimento e de convivência, sendo assim, a tecnologia é ampla, não se resumindo apenas em instrumentos modernos.

Os processos tecnológicos utilizados pela Agricultura 4.0, contribuem para produção rural mais eficiente, isto é, aumentando a produtividade, reduzindo a utilização de recursos naturais, como a água e redução do uso de fertilizantes e agrotóxicos, contribuindo para a redução dos impactos ambientais (Clercq; Vats; Biel, 2018).

A tecnologia está intimamente interligada com a agricultura de precisão, pois no cenário atual, a tecnologia da informação (TI) tem importância fundamental na agricultura 4.0, com atuação preponderante na condução do plantio (Molin; Amaral; Colaco, 2015). Outras formas de tecnologia são bastante recorrentes, como o Sistema de Posicionamento por Satélite (GPS), Sistemas de Informação Geográfica (SIG), aliados a sensores, utilizados para coletar, tratar e estudo de informações do solo, bem como sensores em aviões que auxiliam no levantamento de safras (Monteleone, 2022).

A *Internet* das Coisas (IoT), ou a capacidade de fazer conexão, seja qual for a classe de dispositivo com excelência, coadunando o digital com o real, enriquece a comunicação e interatividade entre seres humanos e apetrechos (Martins; Barbosa, 2019).

A *Big Data* procede da utilização das máquinas agrícolas, auxiliadas com sensores remotos que captam produtividade, propriedades do solo, umidade entre outras propriedades presentes no solo da lavoura (Caregnato; Alves; Sampaio, 2019).

Os *softwares* com aplicação na agricultura, são desenvolvidos com a funcionalidade direcionada a soluções de gerenciamento de produção, captação e estruturação de informações, gerando mapas de diversificados temas, relacionadas a pesquisas encontradas no solo (Massruhá, 2020).



O uso de aplicativos de celulares e *smartphones* é uma das inovações tecnológicas mais populares entre os agricultores, devido ao baixo custo financeiro para aquisição, acesso facilitado pela *internet* móvel, por meio de aplicativos, com soluções na palma da mão para o setor do agronegócio, recorrendo a aplicativos de interface simples e de reduzida complexidade de operação, popularizando desta forma o uso (Aldianto, 2021).

O Sistema de irrigação é utilizado para aumentar a produtividade e qualidade da lavoura, utilizando o controle hídricos, irrigando a plantação de forma sistematizada, por meio do estudo aprofundado dos fatores, tais como o clima, cultura, análise do solo e topografia, obedecendo a peculiaridade de cada cultura em relação a necessidade de da água (Cunha, 2019).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na atualidade, falar em avanços tecnológicos é extremamente significativo, visto que, se vive em um mundo cada vez mais globalizado e conectado, onde há uma busca incansável por produtividade e eficiência a baixos custos, visando a aumento da lucratividade alinhada à sustentabilidade. No campo, a corrida tecnológica é cada dia mais intensa com a criação de novas tecnologias ou aprimoramento das já existentes em busca da melhoria dos resultados, em um menor espaço de tempo, utilizando menos insumos e consequentemente causando menos impactos ambientais.

Notório que esse avanço tecnológico só é possível, porque, a cada dia, as informações chegam mais rápido e com maior precisão aos produtores, há uma sintonia entre o rural e o *high-tech*, seja na avaliação do solo para desenvolvimento de determinada cultura, no mapeamento do clima da região, na aplicação de herbicidas e defensores agrícolas até os *smartphones* nas mãos dos produtores rurais, que dispõem dessas informações em fração de segundos, por meio de *softwares* desenvolvidos para cada tipo de produção ou criação rural.

O narrado acima, nada mais é do que processos de transferência de tecnologias, pois é o meio rural voltado para o Agronegócio 4.0, isto é, lavouras mais competitivas, oferecendo um produto de maior qualidade e seguro, a custos mais baixos e em menor

espaço de tempo, necessitando, essencialmente, investir em inovações tecnológicas para satisfazer essas demandas.

Portanto, o trabalho tem como objetivo analisar o processo de transferência de tecnologia na agricultura 4.0, por meio do estudo de tecnologias aplicada na agricultura, passando pela agricultura 1.0, no qual eram usados animais para o desenvolvimento das atividades laborais, evoluindo posteriormente para a utilização de máquinas agrícolas, sendo estas a combustão, um grande avanço para a época, exposto na Figura 1.

Com o passar dos anos e conseqüentemente com o avanço global de tecnologias em diversas áreas, surge a agricultura 3.0, voltada para o gerenciamento do plantio, utilizando o auxílio do *Global Positioning System* (GPS), tecnologia que ainda é muito utilizada na atualidade, todavia, a busca pelo aumento da produtividade, aliado a eficiência e redução de custos, foi sendo difundida o que nos dias de hoje nomeada como agricultura 4.0, que revolucionou o agronegócio, com introdução de automação juntamente com conectividade, utilizando máquinas, veículos, veículos aéreos não tripulados ou *drones* (Esperidião; Santos; Amarante, 2019).

Na contemporaneidade, emerge um novo conceito na agricultura, conceituada com um componente da Agricultura 4.0, a denominada Agricultura de Precisão (AP), a qual traz, nomeadamente, introdução de automação juntamente com conectividade, utilizando máquinas, veículos, veículos aéreos não tripulados ou *drones*, robôs e animais com sensores, aliado a GPS, sensoriamento remoto, *SIG's* (Sistema de Informação Geográfica) e geoestatísticas, correlacionado com o aprimoramento de outras inovações, particularmente os dispositivos para aplicação de insumos e os monitores manuseados em colheitas (Clercq; Vats; Biel, 2018).

Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs), ou *drones*, os quais são utilizados, para coletar, capturar e transmitir informações em tempo real das plantações, ou mesmo, para monitoramento ambiental, detectando desmatamento ou queimadas ilegais, podendo ainda, identificar deficiências de culturas, escassez hídrica, falta de nutrientes e ocorrência de pragas, demonstrado na Figura 2. Outro fator relevante para o uso de *drones*, é a diminuição de uso de defensivos agrícolas, devido a maior eficiência e economia na pulverização (Nunes, 2016).

Figura 2. Utilização de Drone em Plantação



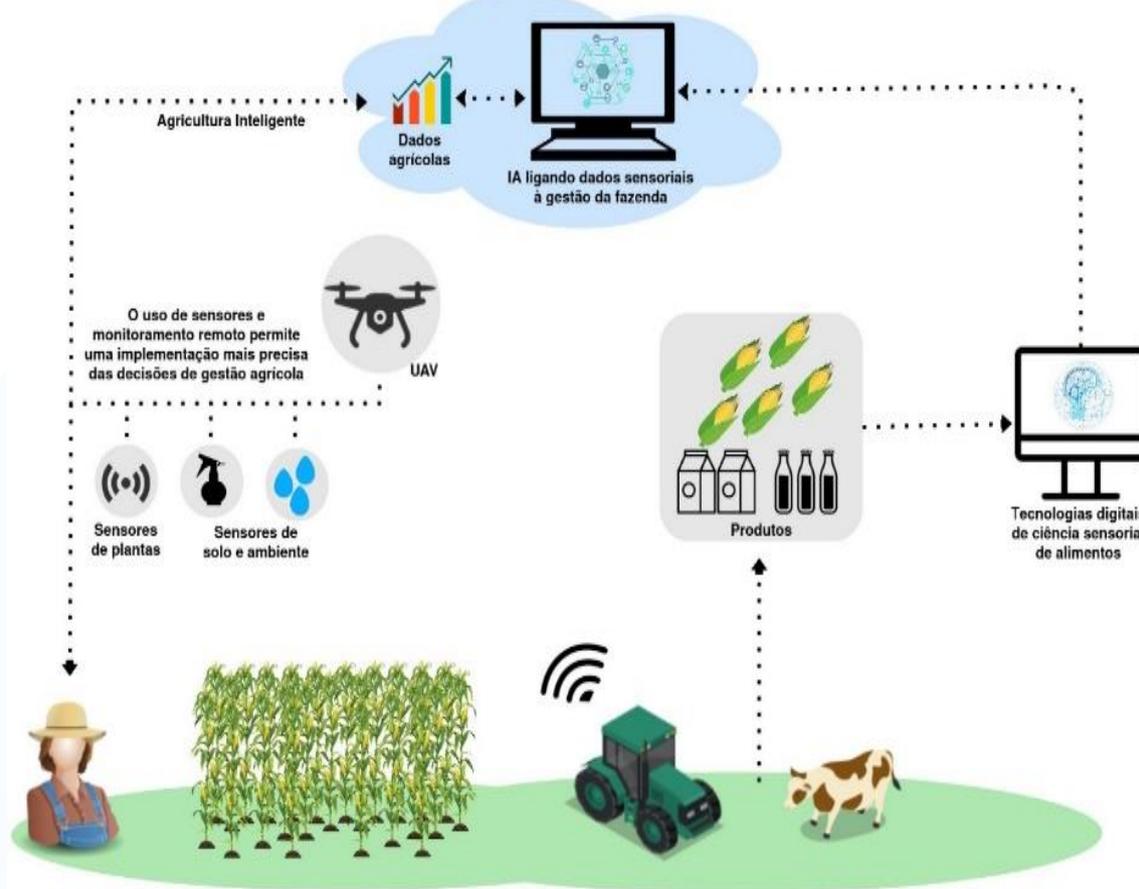
Fonte: Itarc (2018).

O Brasil ocupa lugar de destaque no cenário mundial, em relação à agricultura, todavia, enfrenta alguns entraves quando no quesito automatização devido a limitação dos investimentos em recursos, outro fator que contribui negativamente para um maior crescimento da Agricultura 4.0 nacional é a capacitação de trabalhadores para o manuseio de ferramentas digitais (Esperidião; Santos; Amarante, 2019).

Ademais, cabe enfatizar que a Agricultura 4.0 promove uma significativa redução do consumo de água, fertilizantes e agrotóxicos, até então usando de maneira deliberada e uniforme nas plantações, já que com o emprego da inovação, será possível utilizar quantidades predeterminadas, por estudos direcionados, aplicado os produtos em áreas específicas, após prévia análise das condições.

Nesse sentido, a Figura 3 demonstra o uso de ferramentas tecnológicas utilizadas na Agricultura 4.0, como o monitoramento da lavoura por meio de sensores ligados a *DRONES*, máquinas agrícolas, utilizados para mapeamento do solo, plantas e meio ambiente, colhendo informações e dados, utilizados por intermédio da Inteligência Artificial (IA) e monitoramento com o auxílio de tecnologias digitais, culminando com uma Agricultura de Precisão.

Figura 3. Fluxo do Agronegócio 4.0

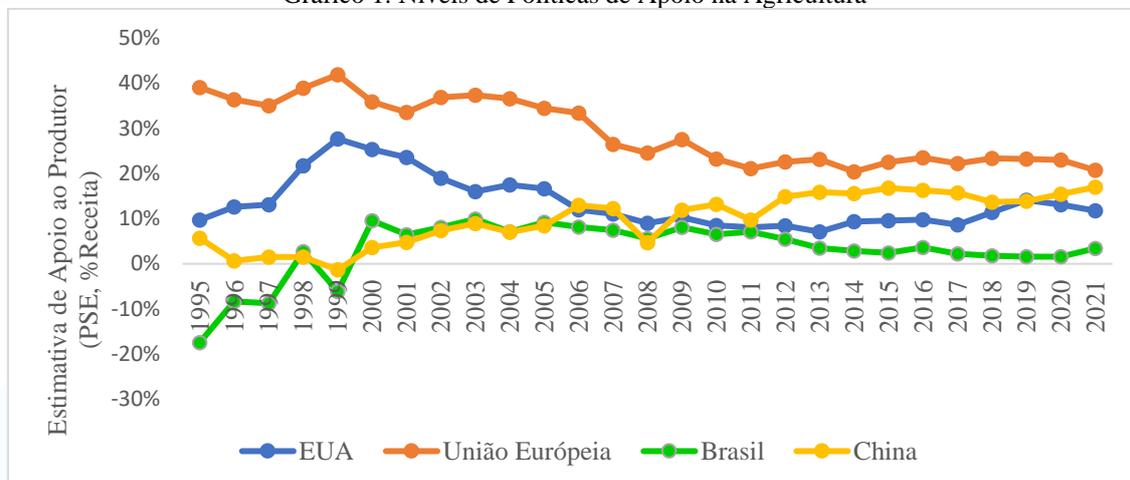


Fonte: Fuentes *et al.* (2021).

Em relação aos níveis de incentivos na agricultura, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) elabora uma série de indicadores nominais para acompanhar e avaliar a evolução da política agrícola dos países. Dentre os indicadores, destaca-se a Estimativa de Apoio ao Produtor, em inglês *Producer Support Estimate* (PSE), que mensura os incentivos diretos e indiretos cedidos aos produtores rurais (OCDE, 2023).

O Brasil tem ocupado uma posição desfavorável quando comparado com outros grandes *players* na agricultura mundial, conforme demonstrado no Gráfico 1.

Gráfico 1. Níveis de Políticas de Apoio na Agricultura



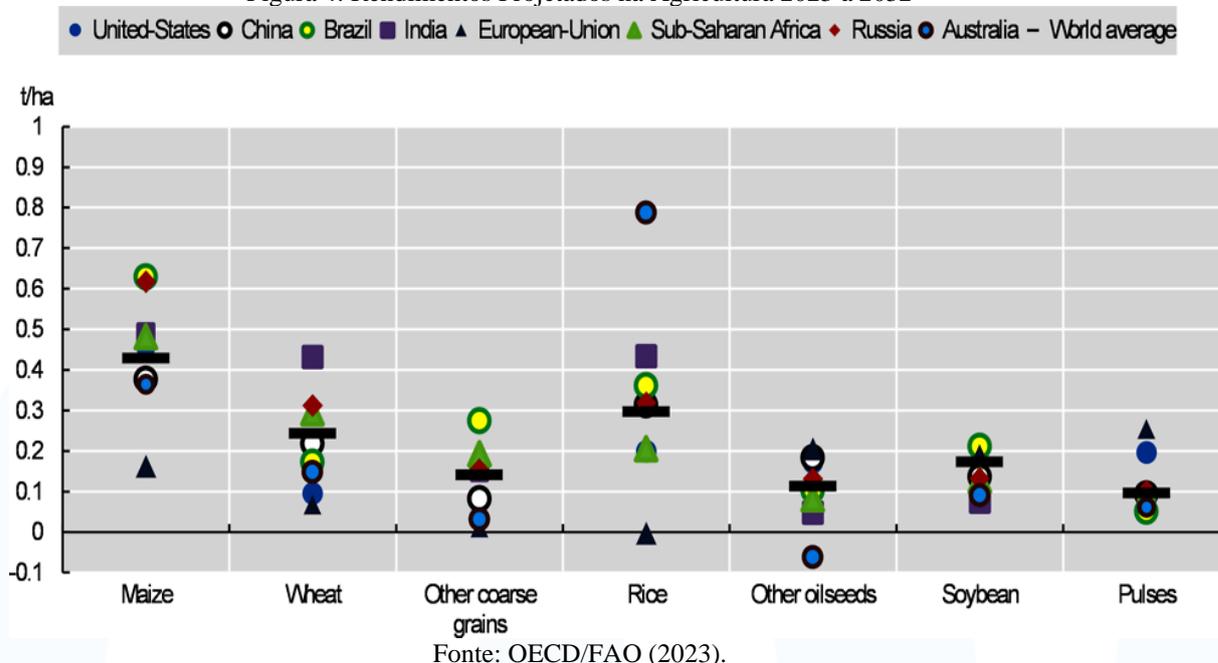
Fonte: Autores (2023), base de dados OCDE (jun./2022).

De acordo com o Gráfico 1, na média histórica (1995-2021), os produtores brasileiros receberam 3% da receita total, no nível da fazenda, de apoio à agricultura. No mesmo período, os demais países (União Europeia, EUA e China) receberam, respectivamente, em média de PSE 29%, 14% e 10%, respectivamente.

Vale ressaltar que, ainda que os níveis de incentivos financeiros governamentais não sejam relevantes, o Brasil possui grande competitividade da atividade agrícola, além do aparato governamental de extrema relevância para o investimento em P&D e em transferência de tecnologia na agricultura, o qual destaca-se a atuação da Embrapa.

Diante disso, o último Relatório Agrícola da OCDE-FAO/2023-2032 apontou que os agricultores brasileiros atingirão taxas de crescimento da produtividade de grãos acima da média (79%) mundial, em razão da alta tecnologia aplicadas em sementes mais adaptadas e na melhoria do manejo de culturas demonstrado na Figura 4 (OCDE 2023). Esse destaque enaltece a importância dos investimentos em P&D e na transferência de tecnologia na agricultura brasileira.

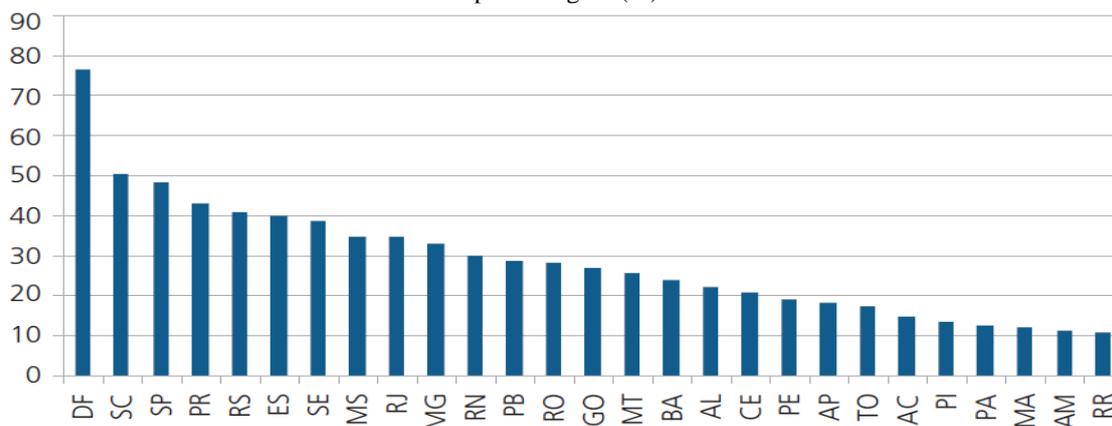
Figura 4. Rendimentos Projetados na Agricultura 2023 a 2032



Conforme se observa na Figura 4, o Brasil tem uma alta projeção de rendimentos em todas as culturas, a Índia também merece destaque de alto rendimento, seguido pela Rússia e África subsaariana, estes países estão acima da média mundial. Já os países China, Estados Unidos, União Europeia e Austrália apresentam uma projeção abaixo da média mundial.

A agricultura 4.0 encontra algumas dificuldades, uma das mais limitantes é o acesso à *internet* no meio rural. Os dados do último censo agropecuário de 2017, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), revelaram que apenas 28% dos imóveis rurais tinham cobertura de *internet*. Esse índice varia de acordo com cada estado, o Distrito Federal possui 77%, seguido por Santa Catarina com 50%, SP 48%, PR 44%, RS 41%, ES 40% até chegar em Amazonas e Roraima com apenas 11%, conforme é observado no Gráfico 2. Embora a pesquisa não possa refletir o atual cenário, é crítico essa abrangência para o desenvolvimento da agricultura digital. Em 2022, o IBGE iniciou o novo censo agropecuário que possibilitará ter um panorama da nova realidade.

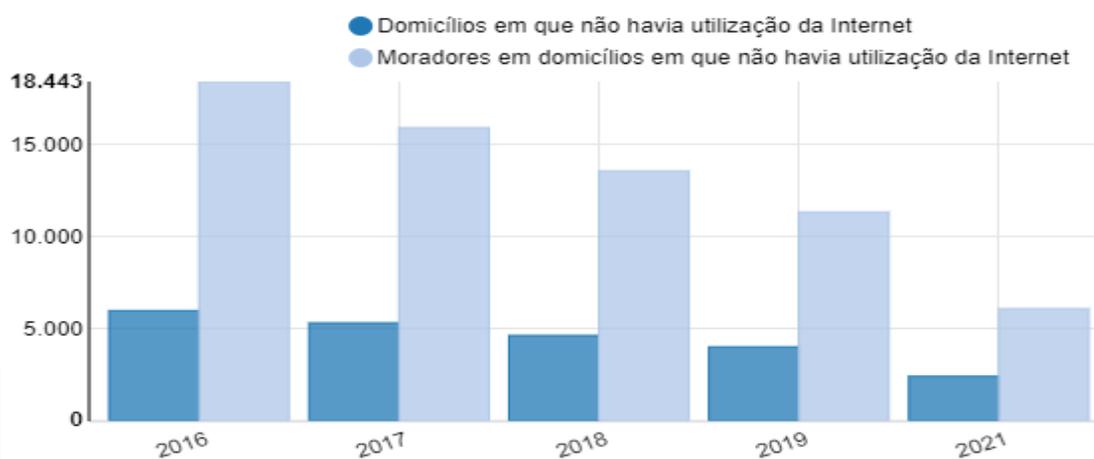
Gráfico 2. Propriedades Rurais com Cobertura de *Internet*, por Unidade da Federação no ano de 2017 em porcentagem (%)



Fonte: Censo Agropecuário (2017).

Todavia, esses indicadores vêm melhorando consideravelmente nos últimos anos. De acordo com a recente Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD) do IBGE, publicada em 2022, o número de domicílios rurais que não haviam acesso à *internet* em 2016 era de 5.979, em 2017 reduziu para 5.312, em 2018 para 4.629, em 2019 diminuiu para 4.006, reduzindo consideravelmente em 2021 para apenas 2.046 unidades. O número de moradores sem utilizar a *internet* também reduziu ao longo dos anos, em 2016 eram 18.443 pessoas, em 2017 passou para 15.932, em 2018 para 13.582, em 2019 reduziu para 11.343, chegando em 2021 com apenas 6.090 pessoas que não utilizam a *internet*, conforme Gráfico 4. Destaca-se que esse “não acesso” ocorre por fatores como a falta de disponibilidade do acesso, aos elevados custos de acesso e até mesmo o desinteresse e o não saber acessar a *internet* (Obs: não houve pesquisa/dados em 2020 em razão da pandemia da Covid-19).

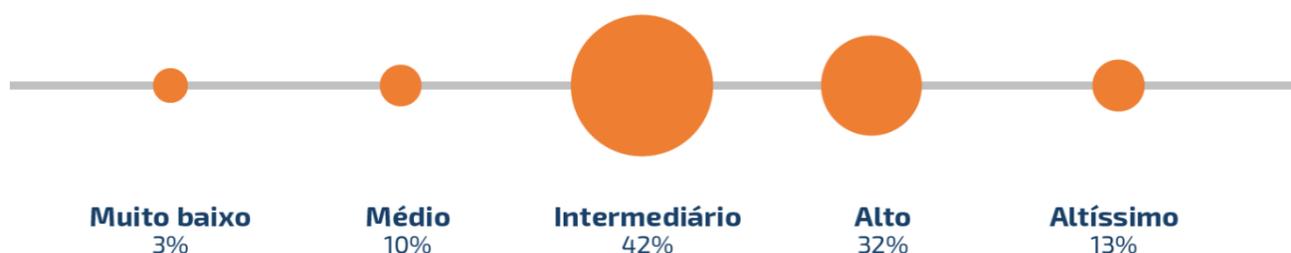
Gráfico 3. Domicílios e Moradores. Rurais sem Utilização da *Internet* 2016 a 2021



Fonte: IBGE (2022), dados PNAD – 4º Trimestre.

Outro fator limitante é a receptividade do agricultor brasileiro às novas tecnologias, os dados do 2º Censo *Ag Tech Startups* Brasil, em 2018, demonstram que 55% dos produtores tem aceitação intermediária a muito baixa às novas tecnologias, já alta e altíssima receptividade 45%, situação negativa que necessita de políticas de informação e conscientização acerca das facilidade e uso das tecnologias (Figura 5).

Figura 5. Receptividade às Novas Tecnologias pelo Agricultor Brasileiro



Fonte: 2º Censo *Ag Tech Startups* Brasil (2018)

Portanto, a Agricultura 4.0 ainda possui desafios a serem superados, que vão desde os aspectos estruturais até os aspectos culturais.

Entretanto, o papel das Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs), dos programas de P&D e dos incentivos governamentais estão propiciando a transferência de tecnologia para evolução do agro 4.0 que está conectada com o mundo,



permitindo que o produtor rural, possa acompanhar em tempo real, de qualquer lugar do mundo, por meio de computador ou *smartphones*, o andamento da colheita ou plantio do plantio, com o auxílio da transmissão automática de dados via sinal via celular (Cigana, 2016).

Em um futuro não muito distante, por meio da utilização da impressora 3D, serão realizadas o cultivo de carne, a alteração genética e o cultivo utilizando água do mar, mesmo em estágios iniciais de pesquisa, poderão no futuro ser a nova realidade alimentar, tornar-se-á plausível plantar em campos áridos oportunizando o uso de recursos volumosos e limpos, como a água do mar e o sol (Clercq; Vats; Biel, 2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo analisar o processo de transferência de tecnologia na agricultura 4.0 e para seu desenvolvimento foi utilizado os procedimentos metodológicos de abordagem dedutiva, qualitativa, exploratória, descritiva e bibliográfica.

Nesse sentido, foi analisado a evolução da agricultura nos diferentes períodos da história, sendo observado que o desenvolvimento em grandes proporções ocorreu com invenção da combustão e posteriormente com o surgimento e aplicação das tecnologias da informação.

O aspecto mais importante em todos os processos evolutivos da agricultura é a atuação da P&D e da transferência de tecnologia, em que uma inovação só passa a existir, após a interação dos usuários pesquisadores, agricultores, profissionais e empresários, que partem de uma necessidade ou descoberta de um invento, seu patenteamento e licenciamento, culminando no seu uso comercial da tecnologia por terceiros.

Essa cooperação mútua entre agricultores, governo e pesquisadores, evidenciado no Modelo da Hélice Tríplice, é o grande desafio, pois precisa alinhar o aumento da produtividade, agilidade e precisão com economicidade, eficiência e o desenvolvimento sustentável.

O trabalho realizado pelas ICT's contribui sobremaneira para o desenvolvimento de inovações tecnológicas e para a transferência de tecnologia entre o setor acadêmico e o mercado. A Embrapa, referência internacional em P&D, realiza esse processo de



transferência de tecnologia nas diversas regiões do país, promovendo o crescimento regional e proporcionando acesso a soluções tecnológicas inovadoras de forma eficiente, sustentável de baixo custo, principalmente aos pequenos e médios produtores, incluindo a agricultura familiar.

As inovações tecnológicas do Agro 4.0 (IoT, IA, *Big data* e robótica) revolucionaram a agricultura, automatizando e simplificando processos, aumentando a precisão e a assertividade, reduzindo consideravelmente os custos, permitindo uma agricultura mais produtiva e sustentável.

O Brasil, em siso destaque acima da média na produção agrícola mundial, porém, disponibiliza poucos incentivos financeiros aos produtores rurais comparados com os grandes produtores mundiais, fator que precisa de maior atenção por parte dos governantes.

Outrossim, algumas dificuldades precisarão ser mitigadas para o desenvolvimento da agricultura 4.0, entre elas: a baixa cobertura de *internet* nas áreas rurais, os altos custos de investimento e a baixa adesão dos produtores.

Diante do exposto, o trabalho contribui para a identificar os impactos da transferência de tecnologia no desenvolvimento sistema agrícola, pautado pelas inovações tecnológicas da indústria 4.0, evidenciando os atores e as características desse processo.

Este artigo não teve a pretensão de esgotar o assunto, mas sim, de continuar os estudos sobre o tema. Para trabalhos futuros sugere-se analisar os fatores que dificultam a implementação das inovações tecnologias no meio rural a fim de promover maior acesso e difusão das melhores práticas de desenvolvimento agrário digital.

REFERÊNCIAS

AGTECH GARAGE. **2º Censo Agtech Startups Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.Agtechgarage.com/censo/>. Acesso em: 06 jul. 2022.

BAROSSO FILHO, M.; SZTAJN, Rachel. Agronegócio, inovação tecnológica, ordem jurídica e agricultura 4.0: Caminhos para o Desenvolvimento Econômico Brasileiro. **RJLB - REVISTA JURÍDICA LUSO-BRASILEIRA**, v. 7, p. 1783-1806, 2021. Disponível em: https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2021/6/2021_06_1783_1806.pdf. Acesso em: 29 jun. 2023.

BARROS FILHO, M. M. L.; CARVALHO, Teciá Vieira. Contratos de Transferência de Tecnologia e Registro no INPI. In: FREY, I. A. F.; TONHOLO, J.; QUINTELLA, C. M. (org.). **Conceitos e Aplicações de Transferência de Tecnologia**. 1. ed. Salvador: Editora do Instituto Federal da Bahia (EDIFBA), 2019. v. 1, p. 223-259. Disponível em: <http://www.profnit.org.br/pt/livrosprofnit/>. Acesso em: 21 de jun. 2023.

BRASIL. **Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm. Acesso em: 21 de jun. 2023.

BUENO, Miriam Pinheiro. Gestão corporativa em usinas e indicadores de inovação tecnológica sustentável. In: VIEIRA, L. S (org.). **Tecnologias aplicadas ao agronegócio**. Pará de Minas, MG: VirtualBooks Editora, Publicação 2020 e-book em formato PDF, p. 10-35.

COUTO, Marília Neumann. **Agricultura 4.0: protótipo de um internet of things (IoT) na cultura da Lactuca Sativa**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12952>. Acesso em: 30 jun. 2023.

CUNHA, Kaíque M.R. *et al.* Uma abordagem sobre a integração da computação de borda móvel e a rede 5g para internet das coisas na agricultura 4.0. **Anais da IX Escola Regional de Informática de Goiás**. SBC, 2021. p. 118-131. DOI: <https://doi.org/10.5753/erigo.2021.18438>. Acesso em 02 jul. 2023.

DALBOSCO, M.; M. *et al.* Modelo de transferência de tecnologia entre Embrapa e Fundação Meridional. **Produção Técnico-Científica em Sementes**, v.1. Disponível em: https://wp.ufpel.edu.br/gem/files/2017/10/capitulo_25_-_p_525_550.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

DE QUEIROZ, Daniel Marçal *et al.* **Agricultura digital**. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

DOS SANTOS, Carlos Alexandre Silva Alves et al. Mapeamento Patentário do Tema Máquinas Conectadas a Máquinas (M2M) e os Desafios Brasileiros da Agricultura 4.0. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 1, p. 153-153, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.97771/cp.v14i1.33052>. Acesso em 28 jun. 2023.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em: 15 jun. 2023.

FERREIRA, Camila Lisdalia Dantas. A hélice tríplice e a Universidade de Brasília: as atividades de transferência de tecnologia conduzidas pelo Núcleo de Inovação Tecnológica. 2018. 113 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação). **Repositório Universidade de Brasília**, Brasília, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/32907>. Acesso em: 21 jun. 2023

FRAINER, F. **Metodologia Científica**. 2. ed. Indaial: UNIASSELVI, 2020. Disponível em: <https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=245866>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed.; 3. reimp. São Paulo: Atlas, 2019.

GONZÁLEZ, Fredy Enrique. Reflexões sobre alguns conceitos da pesquisa qualitativa. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 8, n. 17, p. 155-183, 2020. Disponível em: : <http://dx.doi.org/10.33361/RPQ.2020.v.8.n.17.322>. Acesso em: 22 de jun. 2023.

LUCAS, F.; CAMPOS, F. L. S. Prospecção Tecnológica Voltada para o Agronegócio. **Cadernos De Prospecção**, 16(4), 952–965, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/cp.v16i2.50345>. Acesso em: 05 jul. 2023.

MARMENTINI, Priscilla. **Estratégias para a transferência de tecnologias sociais da Embrapa como ferramenta de inovação para a agricultura familiar da região rural de Apiacás e de Alta Floresta/ MT**. 2021. 76 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/43465>. Acesso em 02 jul. 2023.

MARTELLI, A. *et al.* Análise de Metodologias para Execução de Pesquisas Tecnológicas / Analysis of Methodologies for Carrying out Technological Research. **Brazilian Applied Science Review**, 4(2), 468–477, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basrv4n2-006>. Acesso em: 03 jul. 2023.

MASSRUHÁ, S.; LEITE, M. A. **Agro 4.0-rumo à agricultura digital**. 2017. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1073150/agro-40---rumo-a-agricultura-digital>. Acesso em: 28 jun 2023.

MASSRUHÁ, S. M. *et al.* A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217698/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2023.

MILANEZ, Artur Yabe *et al.* Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 52, p. 7-43, set. 2020. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/20180>. Acesso em: 30 jun. 2023

MONTELEONE, S. **Exploração da adoção da agricultura de precisão no contexto da agricultura 4.0: proposta de um modelo de gestão das operações de irrigação**. 2022, 277 f. Tese (Doutorado em Administração) – Centro Universitário FEI, São Paulo, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31414/ADM.2022.T.131429>. Acesso em: 02 jul. 2023

OECD/FAO. *Organisation for Economic Cooperation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations - OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032*. Paris: Publicação OECD, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>. Acesso em: 04 jun. 2023.

SABONARO, D. Z.; CARMO, J. B. A TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA O PRODUTOR RURAL: UM CAMINHO PARA A SUSTENTABILIDADE. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 9, 120–132, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020120-132>. Acesso em 03 jul. 2023.

SORDI, Victor Fraile; VAZ, Sara Cristiane Machado. Os Principais Desafios para a Popularização de Práticas Inovadoras de Agricultura Inteligente. **Desenvolvimento em Questão**, v. 19, n. 54, p. 204-217, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2020.54.204-217>. Acesso em: 02 jul. 2023.

VILLAFUERTE, Andrés *et al.* Agricultura 4.0: estudo de inovação disruptiva no agronegócio brasileiro. In: **International Symposium on Technological Innovation**. 2018. p. 150-162. DOI: [10.7198/S2318-3403201800010018](https://doi.org/10.7198/S2318-3403201800010018). Acesso em: 03 jul. 2023.

VDMA VERLAG. Guideline Industrie 4.0. **VDMA & partners**, 2016. Disponível em: https://www.vdma-verlag.com/home/artikel_72.html. Acesso em: 3 jul. 2023.

VIOLA, Eduardo; MENDES, Vinícius. Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200246r2vu2022L3AO>. Acesso em: 02 jul. 2023.



ZAPAROLLI, Domingos. Agricultura 4.0. **Revista Pesquisa FAPESP**, edição 287, p. 13-20, 2020. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/12/012-020_capa_agric-digital_287-A.pdf. Acesso em 28 jun. 2023.