

Adoção da Agricultura 4.0: Um estudo sobre os produtores de soja da região Oeste do Paraná

Apledinei Savoldi¹

Jefferson Andronio Ramundo Staduto²

Ana Cecilia Kreter³

RESUMO

Este artigo analisou as capacidades de decodificação de informações dos produtores de soja de pequena e média escalas que podem conduzir à adoção de tecnologias da Agricultura 4.0. A pesquisa foi realizada a partir de um estudo de caso dos produtores de soja associados a uma cooperativa agroindustrial localizada no Oeste do estado do Paraná. Foram aplicados questionários para os produtores rurais e entrevistados os funcionários da cooperativa. Os resultados mostram que em algum nível os produtores de soja adotam tecnologias da Agricultura 3.0, mas podem intensificar a aplicação das tecnologias de automação. A terceirização foi fundamental para incorporar inovação sem mobilização de capital. O capital humano, o capital social e a estrutura de apoio mostraram ser muito importantes para capacidade de decodificação das informações que podem conduzir à adoção de tecnologias. Identificou-se a oportunidade para a cooperativa promover para os produtores e seus familiares a capacidade de decodificação de informações, tornando-os capazes de avançarem para as tecnologias da Agricultura 4.0.

Termos para indexação: agricultura 4.0, cooperativa, inovação, soja, tecnologia.

Adoption of Agriculture 4.0: A study on soybean producers in the western region of Paraná

ABSTRACT

This paper analyzed the information decode capabilities of small and medium scale soy farmers that can lead to the adoption of Agriculture 4.0 technologies. The research was carried out from a case study of soy producers associated with an agro-industrial cooperative located in the west of the state of Paraná. Questionnaires were applied to rural producers and cooperative employees were interviewed. The results show that soybean producers have applied of the Agriculture 3.0 technology, they should apply more intensively automation technology. Outsourcing was fundamental to incorporate innovation without spending capital resources. Human capital, social capital, and support structure were important for information decode capabilities that can lead to the adoption of technologies. An opportunity was identified for the cooperative to promote to producers and their families the ability to decode information, making them capable of advancing to the technologies of Agriculture 4.0.

Index terms: agriculture 4.0, cooperative, innovation, soybean, technology.

Ideias centrais

- A maioria dos produtores de soja da região Oeste do Paraná adotavam agricultura 3.0, e 8,62% deles adotavam o pacote avançado de tecnologia.
- A terceirização de parte das tarefas dos produtores de pequena e média escalas foi fundamental para incorporar inovação sem mobilização de capital.
- O capital humano, o capital social e a estrutura de apoio mostraram ser muito importantes para a capacidade de decodificação das informações.
- A cooperativa tem potencial de promover a capacidade de decodificação de informações dos produtores e do sistema de produção (propriedade).
- Há potencial de intensificar a aplicação das tecnologias da Agricultura 4.0 por meio da promoção da capacidade de decodificar as informações dos produtores rurais e seus familiares e do sistema de produção.

Recebido em
18/04/2023

Aprovado em
19/08/2023

Publicado em
08/12/2023



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

¹ Universidade Federal do Paraná – UFPR, Rua Padre Camargo, n.º 285, CEP 80060-240 Curitiba, PR. E-mail: savoldis@hotmail.com

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Bolsista Produtividade do CNPq. Rua Guaira, n.º 3141, Jardim Santa Maria, CEP 85903-220 Toledo, PR. E-mail: jefferson.staduto@unioeste.br

³ Rhine-Waal University of Applied Sciences – HSRW. Marie-Curie-Straße 1, 47533 Kleve, Alemanha. E-mail: anakreter@gmail.com

INTRODUÇÃO

As tecnologias são produtos dos processos de inovações⁴ que aumentam a produtividade marginal dos fatores de produção por meio do processo de destruição criativa, sendo essas inovações o “motor” do crescimento econômico (Schumpeter et al., 1961). Iniciando-se com um choque tecnológico, estes processos são cíclicos e oferecem duas oportunidades para os empreendedores: uma no início do choque, quando os investimentos devem focar na adoção das tecnologias; outra na maturidade, quando os investimentos devem focar na consolidação (Arend, 2012).

Os avanços tecnológicos estão diretamente relacionados ao seu estoque (Pavitt, 1984). Tais avanços marcam as quatro revoluções industriais: a primeira, surgiu a partir de 1784, marcando o início do capitalismo, quando a produção deixa de ser artesanal; a segunda, em 1870, quando a energia elétrica e a produção seriada foram eventos centrais; a terceira, surgiu a partir dos anos 1970, marcada pela eletrônica, internet e globalização financeira; e a quarta, em 2011, marcada pela produção remota por meio da incorporação da inteligência artificial. Entre outras tecnologias, esta fase ficou conhecida como Indústria 4.0 (Liu, 2017).

De acordo com Lioutas et al. (2019), na Indústria 4.0 a propagação de soluções ao longo das cadeias produtivas depende da cooperação entre os agentes para construir uma base de dados capazes de subsidiar a otimização da tomada de decisões. Para Schwab (2016) as tecnologias adotadas na Indústria 4.0 alteram as relações de produção, retirando o ser humano do processo por meio das interações entre objetos, a partir da integração entre as tecnologias, tais como, inteligência artificial, *BigData*, *cloud*, *cyber-physical systems*, TICs e IoT aos processos produtivos⁵.

Esses avanços tecnológicos podem ser aplicados para beneficiar os setores da economia. No caso do setor agrícola foi batizado como Agricultura 4.0 (Lioutas et al., 2019). Alves et al. (2005) evidenciam que a tecnologia absorvida pelos agricultores depende de sua disponibilidade, que é facilitada pelo desenvolvimento de múltiplas parcerias com atores econômicos, sociais e territoriais, inclusive com cooperação internacional, corroborando com a ideia de cooperação ao longo da cadeia produtiva.

Götz & Jankowska (2017) indicam que a cooperação conduz à redução dos custos de transação por meio da difusão do conhecimento, buscando soluções entre os *stakeholders* para promover a inovação e a diluição dos riscos de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Como já havia sido destacado por Griliches (1957), sobretudo a adoção da tecnologia está relacionada à expectativa de lucratividade.

Annosi et al. (2019) estudaram os determinantes para a adoção de tecnologias 4.0 para os produtores rurais na Itália. Os autores destacaram a importância das capacidades de entendimento das informações disponíveis à firma e ao tomador de decisões, bem como a disponibilidade de estruturas institucionais de apoio ao produtor. O estudo indicou que os pequenos e médios produtores não estavam aptos a explorar todo o potencial das tecnologias adotadas em seus processos produtivos.

A literatura brasileira ainda é incipiente sobre a Agricultura 4.0. Um dos primeiros estudos foi o de Massruhá & Leite (2017) e Basso et al. (2019) que fizeram reflexões sobre o entendimento das tecnologias da Agricultura 4.0 e suas potenciais aplicações. Massruhá et al. (2020) relatam as aplicações e iniciativas em agricultura digital realizadas pela Embrapa Informática Agropecuária junto com os demais centros de pesquisa da Embrapa e as instituições parceiras.

⁴ No Manual de Oslo de 2018 da OECD & Eurostat (2018, p.20, tradução nossa) entre os conceitos relacionados à inovação encontram-se: “a) *atividades de inovação* incluem todas as atividades de desenvolvimento, financeiras e comerciais realizadas por uma empresa que se destinam a resultar em uma inovação para a empresa; b) uma *inovação de negócios* é um produto ou processo de negócios novo ou aprimorado (ou combinação deles) que difere significativamente dos produtos ou processos de negócios anteriores da empresa e que foi introduzido no mercado ou colocado em uso pela empresa”.

⁵ Inteligência artificial (clusterizações, *ranking* e métodos identificadores de padrões), *BigData* (processamento massivo de diferentes tipos de dados coletados em tempo real), *cloud* (armazenamento e processamento em servidores externos e com redundância), *cyber-physical systems* (ligação entre os dados e produção), TICs (telefonia fixa e móvel; intranet; e internet: rádio, 5G, fibra óptica, satélite e rede de compartilhamento) e IoT (sensores que captam dados dos processos fabris).

As demais pesquisas majoritariamente elaboraram reflexões e levantamentos sobre potencialidades da Agricultura 4.0, sendo que algumas focaram na produção de *commodities* em grande escala (Lima et al., 2020); outras na agricultura de pequena escala (Buainain et al., 2021); e, por fim, as que focaram na mitigação das mudanças climáticas (Viola & Mendes, 2022).

As pesquisas empíricas ainda são menos frequentes. Pode-se citar Zanuzzi et al. (2020), cujo estudo de caso abordou produtores de frangos e centrou a análise exclusivamente sob o gestor da propriedade. Por outro lado, este artigo estudou os produtores de soja com pequena escala. A análise destacou o gestor e a estrutura da família, a capacidade da propriedade e a capacidade de suporte à produção como fatores que influenciam a decisão sobre o investimento e adoção das inovações. Sobretudo esse artigo analisa o potencial de entendimento das informações disponíveis, denominado de decodificação, para os tomadores de decisão ao identificar as tecnologias da Agricultura 4.0.

Os produtores rurais de *commodities*, normalmente, estão inseridos em mercados oligopolistas e, portanto, são tomadores de preços, tanto para venda da produção quanto para compra de insumos, porque estão inseridos em cadeias produtivas globais, cujas estruturas de mercados são comandadas por grandes empresas mundiais. Assim, a ampliação dos retornos econômicos se dará pela adoção de tecnologias capazes de reduzir os custos de produção. Em grande parte, as tecnologias são oriundas dos fornecedores de máquinas, de sementes e de grandes indústrias químicas (Levin & Reiss, 1988).

O objetivo deste estudo é analisar as capacidades de decodificação de informações que podem conduzir os agricultores de soja de pequena e média escalas à adoção de tecnologias da Agricultura 4.0. Foram analisadas as características do produtor, da família, da propriedade rural e das estruturas de apoio, bem como o estoque tecnológico, pois o avanço tecnológico é um processo acumulativo. O trabalho foi realizado a partir de um estudo de caso dos produtores de soja de pequena e média escalas na região Oeste do estado do Paraná associados a uma cooperativa agroindustrial. Essa região possui altos patamares de produtividade em decorrência da combinação da adoção de tecnologias e de fatores edafoclimáticos favoráveis.

REVISÃO DE LITERATURA

Os grandes ciclos econômicos estão presentes nas revoluções industriais e se caracterizam por promoverem severas transformações no modo de uso dos fatores de produção (capital e trabalho), transformando toda a cadeia de suprimentos, as relações de trabalho e a organização social, culminando na mudança estrutural da economia (Corrêa et al., 2019). Elas resultam em uma completa ruptura cultural, alavancando a produtividade da firma e o crescimento do Estado (Liu, 2017). A inovação que leva a ganhos de produtividade sustenta a competitividade entre as nações (Schwab, 2016).

As bases da indústria 4.0 são: a produção autônoma, por meio da integração dos mundos físico, digital e biológico, e por meio da inteligência artificial que otimiza o uso do conhecimento disponível; a difusão de conhecimento na cadeia produtiva; e a criação de conhecimento a partir da inteligência artificial. O movimento teve início na Alemanha com o objetivo de fomentar a competitividade internacional da indústria, com base na incorporação de tecnologia avançada e livre movimentação dos fatores de produção (Schwab, 2016).

Para Lall (1992) a interação de incentivos, capacidades e instituições é uma forma útil para organizar os numerosos fatores que influenciam as capacidades tecnológicas nacionais nos países em desenvolvimentos. Estes fatores podem ser reunidos em três grandes grupos. O primeiro está relacionado ao governo, concorrentes e clientes. O segundo está relacionado a gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), aderência das habilidades dos colaboradores com as demandas das tarefas, o número de inovações implementadas e o número de patentes. O terceiro está ligado às instituições industriais, de treinamento e de tecnologia.

A necessidade de implantação das tecnologias é resultado da percepção dos tomadores de decisão ao analisar o risco na atividade produtiva para antecipar soluções, destacando a importância da comunicação dos riscos entre leigos, técnicos e decisores (Lusk & Coble, 2005). A comunicação depende, em parte, da transformação digital, que leva à expansão e ao fortalecimento das relações na cadeia de suprimentos, pois a coordenação conjunta de atividades promove cooperação, ganhos operacionais e alinhamento de expectativas.

De acordo com Cohen & Levinthal (1990) a capacidade de avaliar e aplicar o conhecimento externo é, em grande parte, função do nível de conhecimento prévio. Esse conhecimento inclui habilidades básicas ou mesmo uma linguagem compartilhada. Portanto, “o conhecimento prévio relacionado confere a capacidade de reconhecer o valor da nova informação, assimilá-la e aplicá-la para fins comerciais” (Cohen & Levinthal, 1990, p.128, tradução nossa). O conjunto dessas habilidades é a capacidade de absorção da firma.

O acesso à tecnologia e o seu potencial de uso definem o avanço tecnológico e a capacidade inovativa, resultado do esforço dos agentes em acessar as informações, da capacidade de entendimento e do alinhamento de prioridades entre os *stakeholders* (Lioutas et al., 2019). A unidade produtiva comporta um sistema social/físico/cibernético e a implantação de tecnologias deve realçar o protagonismo da unidade na cadeia de valor, tanto das ligações com seus fornecedores quanto com seus clientes. Segundo Lioutas et al. (2019) as tecnologias da Agricultura 4.0 não apenas proporcionam desempenho à produção, mas também possuem enorme potencial de mediar a relação entre agricultores e comunidades, e entre comunidades e fazendas.

O tomador de decisões equilibra intertemporalmente a tecnologia incorporada na infraestrutura da firma e o potencial cognitivo dos recursos humanos, criando atividades com maior valor agregado que extinguem as de menor valor (Coelho, 2005). Este processo é cumulativo e leva a um ciclo virtuoso de difusão, como preconizava Schumpeter (1939).

De acordo com Julien et al. (2004), a disponibilidade de novas informações não é suficiente para que ocorra a inovação nas firmas. A informação deve ser compreendida em seu significado, deve ser decodificada, recolhida e convertida em conhecimento. A maneira como os agentes econômicos absorvem o conhecimento e ampliam a produtividade está relacionada com a capacidade gerencial de decodificar as informações do meio ambiente (Vieira Filho, 2015). A capacidade de o agente transformar os dados em informações, pode ser compreendida como capacidade de decodificação. Essa capacidade depende do conhecimento que não pode ser desvinculado do indivíduo. Conhecimento este que é acumulativo e está associado a como o indivíduo processa as informações (Angeloni, 2003).

Annosi et al. (2019) analisaram os produtores rurais na Itália para identificar e classificar os elementos que levam à adoção de tecnologias. Os autores também destacaram a capacidade da firma e do tomador de decisão para traduzir informações disponíveis pela firma, pelo tomador de decisões e pela estrutura de apoio. Mais especificamente, a decodificação da firma está associada à capacidade de transferir o conhecimento tácito para o procedimento de trabalho (Gereffi et al., 2005).

De acordo com Annosi et al. (2019), a capacidade de a firma traduzir as informações é baseada no estoque de tecnologias (IoT, *BigData* etc.). Os sistemas de comunicação e gestão de processos e a capacidade cognitiva do tomador de decisões são temas centrais para capacitação, qualificação, experiência, propensão ao risco e outros. Além disso, os autores destacaram a importância da disponibilidade de estruturas institucionais de apoio ao produtor rural.

Portanto, a capacidade de decodificação de informação do tomador de decisão e da firma é uma habilidade fundamental para identificar as oportunidades oriundas de novas tecnologias. Esta capacidade de decodificação pode, em parte, ser promovida com a ampliação do capital humano – educação formal e complementar e experiência – do produtor e do estoque de tecnologia usada na propriedade, desta forma, contribuindo para aumentar a curva de aprendizagem do produtor rural.

Para produtores com pequena e média escalas de produção é mais difícil estabelecer um sistema de comunicação capaz de permear os principais agentes da cadeia produtiva e obter a tecnologia necessária para otimizar seus processos produtivos. Para superar tal gargalo muitos produtores se uniram formando as cooperativas (Lauschner, 1995), que tendem a ser a principal estrutura de apoio para os produtores.

Os pequenos e médios produtores nacionais, em grande parte, tendem a sofrer de restrições semelhantes às apresentadas por Annosi et al. (2019): fragilidade nas estruturas institucionais de apoio, dificuldades de financiamento, baixa capacidade dos produtores para traduzir informação, e baixo uso das tecnologias, principalmente, aquelas relacionadas à Agricultura 4.0⁶.

Tabela 1. Revoluções tecnológicas.

Revoluções Industriais	Estoque de Tecnologias na Indústria		Estoque de Tecnologias no Campo	
	Evolução Produtiva e Social ^{1,2}		Fase 1: Produção ^{3,4}	Fase 2: Gestão ⁴
Primeira 1784	Marcou o início do capitalismo, pois a produção deixava de ser artesanal passava a ser seriada, visto o desenvolvimento da mecânica, da siderurgia, do comércio e da logística, com os trens e telégrafos.		Agro 1.0: antes de 1960. Agricultura de baixa produtividade e tração animal.	Monitoramento: Registro manual das operações de produção e de comércio.
Segunda 1870	Baseada na energia elétrica, química e motor a combustão que permitiram a mecanização dos processos industriais. Ford em 1903 incorporou a linha de produção automatizada e criou um mercado intrafirma. Taylor em 1911 tratou da divisão do trabalho com padronização de tarefas e adequação ergonômica entre máquina e homem.		Agro 2.0: 1960 e 1990. Revolução Verde, uso de insumos modernos. Biológicos como as sementes; agroquímicos como os defensivos fitossanitários e os corretivos e fertilizantes. Uso intensivo de máquinas e equipamentos.	Controle: Desenvolvimento de diversas técnicas que possibilitaram a gestão por indicadores e metas.
Terceira 1969	Consolida a automação com o uso da computação, da eletrônica, da robótica, da genética e do surgimento da tecnologia aeroespacial, que em conjunto com a internet promovem o conceito de globalização.		Agro 3.0: 1990 e 2014. Agricultura de precisão na aplicação dos insumos, melhoramento genético por meio dos organismos geneticamente modificados, leis e acordo internacionais de proteção intelectual.	Otimização: A criação do computador permitiu a otimização das técnicas existentes na fase anterior e a criação da Automação Embarcada em máquinas e equipamentos.
Quarta 2011	A revolução está nos sistemas de comunicação, execução de tarefas online de forma remota ou autônoma, com base na cooperação, capacidade de decodificação de informação, inovação e sustentabilidade ao longo de toda a cadeia produtiva. As soluções personalizadas em escala massiva, a economia compartilhada. Incorporou a inteligência artificial. As Tecnologias 4.0 harmonizam e integram as relações entre as bases de dados, os processos produtivos e a natureza (Cyber-Physical-Biological systems).		Agro 4.0, a partir de 2014. Integração social, física e cibernética, ou seja, a integração de tecnologia que permite a produção remota.	Sistemas Autônomos: Uso da inteligência artificial, para estimular a capacidade cognitiva do ser humano, e a expansão da capacidade de comunicação e processamento de máquinas e computadores possibilitaram a maximização da percepção humana e a produção com supervisão remota.

Fonte: adaptado de Schwab (2016)¹, Liu (2017)², Massruhá et al. (2020)³ e Arend (2012)⁴.

De acordo com Massruhá et al. (2020), a partir de um paralelo com as revoluções industriais, descrito na Tabela 1, foram identificadas as fases da agropecuária brasileira. Mais recentemente, a partir de 2014, surgiu o Agro 4.0 que foi a transformação digital do setor agrícola por meio da coleta massiva de dados para ajudar na tomada de decisão e a integração de tecnologias que promoveram a reconciliação da agricultura com as seguranças ambiental, alimentar e da informação.

⁶ Utilizamos os termos Agricultura 4.0 e Agro 4.0 como sinônimos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados foram obtidos por meio de pesquisa de campo, pela aplicação de questionários para um grupo de produtores de soja associados a uma cooperativa agroindustrial localizada na região Oeste do Paraná. Essa região possui produtores com altos patamares de produtividade (Figura 1).

Os questionários para os produtores de soja tiveram o objetivo de coletar dados sobre: a) capacidade de decodificação de informações do produtor rural associada ao nível de qualificação e à experiência no cultivo da soja; b) capacidade de decodificação informação da propriedade rural associada aos ganhos de escala, ao uso de internet, ao estoque de tecnologia, às perdas de produção, à moradia e à sucessão no negócio agrícola; e c) disponibilidade de suporte na cadeia produtiva para obter fontes de assistência técnica, suporte na decisão de investimento, acesso à internet e fontes de informação para que os produtores se dediquem ao seu *Core Business* (produção agrícola). Foram entrevistados os funcionários do setor de P&D e de assistência técnica desta cooperativa para aprofundar o entendimento sobre o processo de difusão de tecnologia da cooperativa.

Os questionários para os produtores foram aplicados na segunda quinzena de setembro de 2021, durante a pandemia de Covid 19. É necessário destacar que o planejamento de execução da pesquisa era a aplicação presencial dos questionários por meio de visitas aos produtores, com o apoio da cooperativa ou aplicação dos questionários nos eventos técnicos organizados pela cooperativa. Entretanto, por conta da pandemia, foi inevitável mudar o plano amostral para se adequar às limitações sanitárias e tornar factível a execução da pesquisa. O plano amostral adotado foi de acessibilidade do pesquisador aos indivíduos do grupo estudado. Foram selecionados os grupos de cooperados que são produtores de soja desta cooperativa, cujas fazendas estão na região Oeste do estado do Paraná (Figura 1).

Foram aplicados questionários eletrônicos do Google *Forms*® enviados pela unidade de capacitação da cooperativa para os treze gerentes regionais da cooperativa, que por sua vez, enviaram para dez cooperados de seus respectivos grupos de *WhatsApp*. Os 13 gerentes são responsáveis por 17 unidades gerenciais da cooperativa (Figura 1). Dos 130 produtores que receberam o questionário 58 (44,62%) responderam. O questionário foi baseado em Anosi et al. (2019). Além disso, ele foi discutido com os técnicos da cooperativa e, para captar e incorporar questões sobre as particularidades da amostra da pesquisa, um pré-teste foi aplicado.

Os resultados preliminares foram validados pelos técnicos das unidades de inovação, capacitação e assistência de campo que atribuíram confiabilidade às respostas, pois eram verossímeis com a experiência deles em relação à amostra. Foi garantido o anonimato dos respondentes e o projeto de pesquisa foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

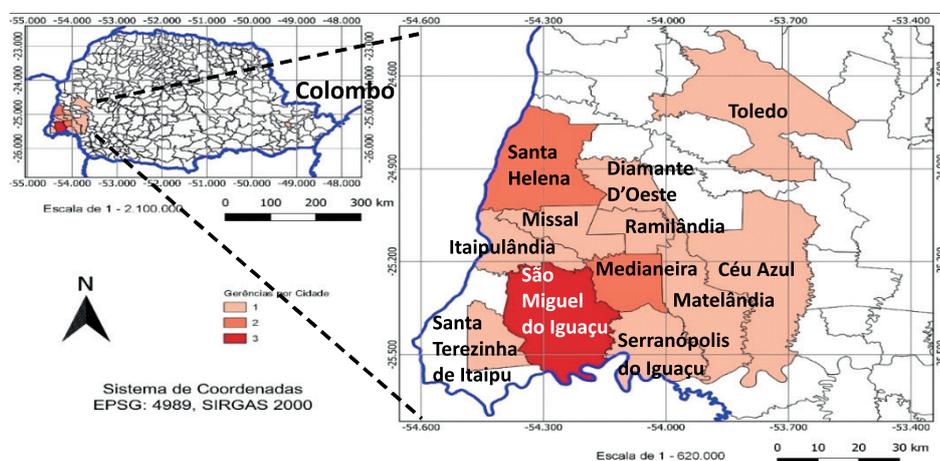


Figura 1. Unidades gerenciais da cooperativa.

Na formulação das perguntas do questionário para os produtores sobre a adoção de tecnologias 4.0 foi levado em conta um arcabouço conceitual que se expressa na função: Tecnologia 4.0 = $f(\text{Capacidade de Decodificação do Gestor, Capacidade de Decodificação Organizacional (Firma), Disponibilidade de Suporte na Cadeia Produtiva})$. Estas três variáveis apresentaram uma relação positiva com a adoção das tecnologias 4.0. A Tabela 2 mostra as questões do questionário, elaboradas para captar as condições para tomada de decisões e as fases da gestão da tecnologia. De acordo com levantamento prévio feito com os técnicos da cooperativa, nenhum produtor estava na fase de uso das tecnologias 4.0, portanto, não foram incluídas questões sobre sistemas autônomos de produção.

Tabela 2. Classificação das questões do questionário ao produtor.

Dimensões	Questões
Condições para a tomada de decisão	
Capacidade de decodificação	1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 31, 32, 33, 36, 37, 38
Fases da gestão da tecnologia	
Monitoramento (disponibiliza dados)	7, 8, 9, 10, 16, 19, 24, 27, 28, 29
Controle (<i>data-driven</i>)	11, 12, 13, 14, 26, 35
Otimização/Automação	23, 30, 34
Sistema autônomo	-

A Tabela 3 apresenta as variáveis analisadas do questionário por grupo de perguntas, detalhamento da nomenclatura e tipos de dados (Binkley et al., 2009). Os agrupamentos são das variáveis que indicam a capacidade de decodificação de informação do produtor, da propriedade rural e estrutura de apoio, baseado em Annosi et al. (2019). Para as perguntas que demandam juízo de valor aplicaram-se a escala *likert* (Kahneman & Tversky, 1979).

Foi criada a variável *Tecnologias Adotadas*⁷ que é o número de tecnologias adotadas no campo pelo produtor de soja, podendo variar de 0 a 8, como *proxy* do estoque das tecnologias. Considerando o tipo de tecnologia adotada pelos produtores e de acordo com a Tabela 1 elaborou-se três níveis tecnológicos: a) Pacote Inicial: análise de solo, decisões baseadas em evidências e pelo manejo integrado de pragas e doenças; b) Pacote Intermediário: Pacote Inicial mais GPS, computador de bordo e piloto automático; e c) Pacote Avançado: Pacote Intermediário mais drone e software remoto.

A amostra de produtores rurais analisada não atingiu o tamanho esperado, portanto, limitou a aplicação de métodos de inferência estatística, ou seja, limitou a aplicação de modelos que são usados para fazer inferências sobre uma população com base em uma amostra. Portanto, foram aplicados três procedimentos analíticos para a amostra:

- a) estatística descritiva - para identificação dos padrões e tendências;
- b) análise de correlações - para testar os resultados indicados por Annosi et al. (2019). Foi aplicada a correlação de Pearson⁸: entre 0,10 e 0,29 positivo ou negativo o escore é considerado pequeno, entre 0,30 e 0,49 positivo ou negativo o escore é médio e acima de 0,50 positivo ou negativo é grande (Cohen, 1988); e
- c) nuvem de palavras⁹ para analisar as variáveis indicadas com “*” na Tabela 3, o que permite a visualização das palavras em tamanho proporcional à frequência em que elas aparecem nas respostas dos questionários (Oliveira et al., 2017).

⁷ As respostas para as questões 24 (Análise Solo), 26 (MIP) e 35 (Data Driven) foram transformadas em binárias, o “0” foi atribuído às repostas que indicam a não adoção de tecnologias e “1” para todas as demais intensidades de uso.

⁸ O coeficiente de correlação Pearson (r) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis (Figueiredo Filho & Silva Júnior, 2009).

⁹ Foi utilizado o suplemento *Pro Word Cloud*, instalado no Microsoft Office PowerPoint.

Tabela 3. Variáveis analisadas do questionário.

Grupo	Variáveis	Escala dos dados		
		Nominal	Ordinal	Métrica
Tecnologias	23Drone	x		
Tecnologias	24AnaliseSolo		0 a 4	
Tecnologias	26MIP (manejo integrado de praga)		0 a 4	
Tecnologias	28GPS	x		
Tecnologias	29ComputadorBordo	x		
Tecnologias	30PilotoAutomático	x		
Tecnologias	34SoftwareRemoto	x		
Tecnologias	35DataDriven		0 a 4	
Produtor/Decisor	D1Idade			x
Produtor/Decisor	D3TamanhoFamilia			x
Produtor/Decisor	D4Escolaridade		1 a 6	
Produtor/Decisor	D5CursoAgricola	x		
Produtor/Decisor	D6AtualizacaoCapacitacao		0 a 4	
Produtor/Decisor	D33FinalidadeInvestimento		1 a 7	
Produtor/Decisor	D37MotivoAdotarTecnologias*	-	-	-
Produtor/Decisor	D38MotivoNaoAdotarTecnologia*	-	-	-
Propriedade Rural	F2MoraPropriedade	x		
Propriedade Rural	F7TamanhoPropriedade(ha)			x
Propriedade Rural	F8AreaSoja(ha)			x
Propriedade Rural	F10ProdutividadeSoja(ha)			x
Propriedade Rural	F17AplicacaoInternet		1 a 7	
Propriedade Rural	F18InternetCampo		1 a 4	
Propriedade Rural	F19SoftwareAtividadeAgricola*	-	-	-
Propriedade Rural	F21AplicacaoTecnologia		1 a 7	
Propriedade Rural	F27PerdasPragas		0 a 4	
Propriedade Rural	F36Sucessao		0 a 4	
Estrutura Apoio	S9Arrendamento(ha)			x
Estrutura Apoio	S11Terceirizou*	-	-	-
Estrutura Apoio	S12AssistenciaEmater	x		
Estrutura Apoio	S13AssistenciaCooperativa	x		
Estrutura Apoio	S15-4G	x		
Estrutura Apoio	S16BandaLarga		0 a 4	
Estrutura Apoio	S20FontesInformacao		1 a 6	
Estrutura Apoio	S22ApoioDecisaoRotacao		1 a 6	
Estrutura Apoio	S25DecisaoAplicacaoDefensivos		1 a 6	
Estrutura Apoio	S31DecisaoInvestimentoMaquina		1 a 6	
Estrutura Apoio	S32ApoioDecisaoInvestimento		1 a 6	
Estrutura Apoio	S14DemaisAssistenciaTecnica*	-	-	-

*Para estas variáveis foram coletados textos curtos e trabalhadas com a nuvem de palavras.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tecnologias adotadas

A Tabela 4 mostra que as tecnologias com potencial de poupar terra (análise de solo) e racionalizar o uso de pesticidas (Manejo Integrado de Praga - MIP) foram predominantes, considerando que o cultivo da soja tem alto nível de mecanização. As tecnologias são adotadas em conjunto, sendo que as combinações de 3 ou menos tecnologias foram aplicadas por 51,72% (30) dos produtores, sugerindo que adotaram o pacote tecnológico inicial, por outro lado, somente 8,62% (5) utilizam o pacote

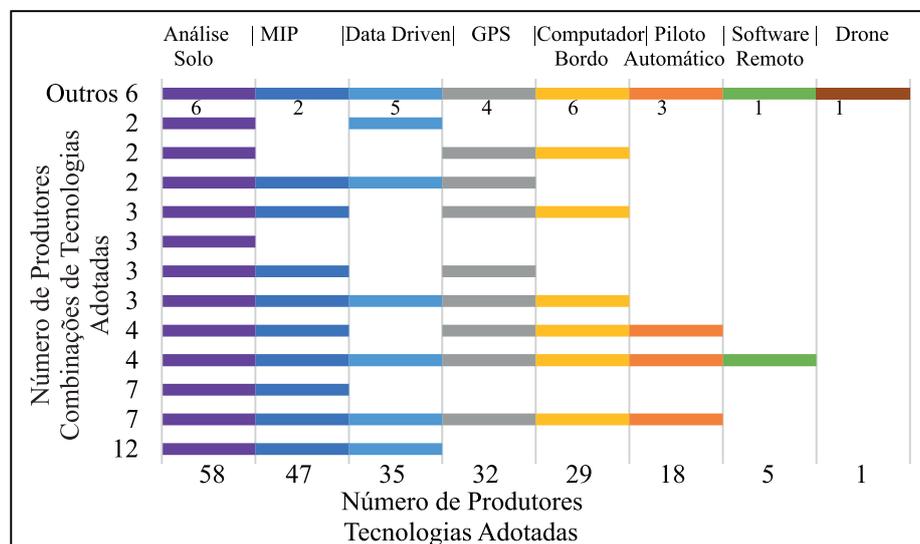
avançado. Portanto, existe espaço para os produtores avançarem em termos da ampliação do uso de tecnologias, pois se trata de um processo de acumulativo.

Nenhum dos 58 produtores adotou todas as tecnologias, entretanto, todos os produtores adotaram a análise de solo, sugerindo que a adoção teve como objetivo a liberação de financiamentos. Independente do pacote tecnológico adotado, 60,34% (35) dos produtores tomam suas decisões com base em dados, o que sugere importante capacidade gerencial.

Os resultados mostram consonância com as observações de Artuzo et al. (2017) e Bassoi et al. (2019), no qual a maioria dos produtores adotavam tecnologias de precisão em várias fases da produção agrícola e em vários níveis de automação, classificada como Agro 3.0. Conforme Lioutas et al. (2019), a adoção de tecnologias de automação indica avanços importantes. Entretanto, esses produtores não foram capazes de transpor a barreira da integração social, física e cibernética, devido à baixa sinergia entre as tecnologias, de forma que não foi suficiente para alcançar o paradigma do Agro 4.0, pois ainda é expressivo o número de produtores que adotam poucas combinações de tecnologias.

Annosi et al. (2019) também constataram que os produtores italianos não estavam adotando tecnologia da Agricultura 4.0. Ambos os trabalhos apontaram que os grupos de produtores estavam defasados em relação ao paradigma do Agro 4.0, sugerindo a oportunidade para investir na capacidade de decodificação de informação dos produtores e da cooperativa. Portanto, existem janelas de oportunidades tecnológicas para a diminuição das dificuldades na identificação e mitigação dos riscos nas tarefas produtivas, por meio de arranjos tecnológicos que maximizem o uso dos fatores de produção e permitam a otimização dos resultados via inovações com responsabilidade ambiental (Rose & Chilvers, 2018).

Tabela 4. Combinações de tecnologias adotadas.



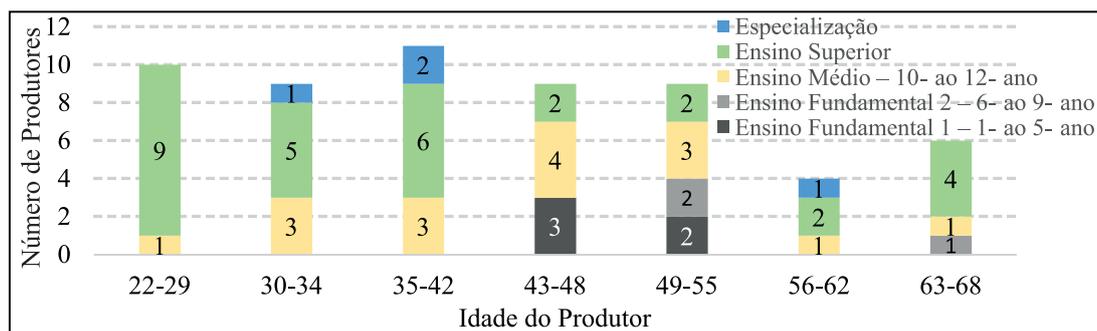
Notas: "Outros 6" - formaram 6 combinações adotadas apenas por um produtor, sendo que uma era de três tecnologias; seguido ao longo da linha o número de menções para cada tecnologia.

Perfil dos produtores

Foi identificado que 58,62% (34) dos produtores possuem graduação e, destes, 68,97 (40) residem na área agrícola, resultado muito superior à média dos produtores da região Sul do Brasil que era, em 2017, apenas de 6,91% (IBGE, 2019). Apenas 8,62% (5) pararam de estudar ao completar os primeiros anos do ensino fundamental (Tabela 2). Todos possuíam idade superior à média da amostra de 42 anos.

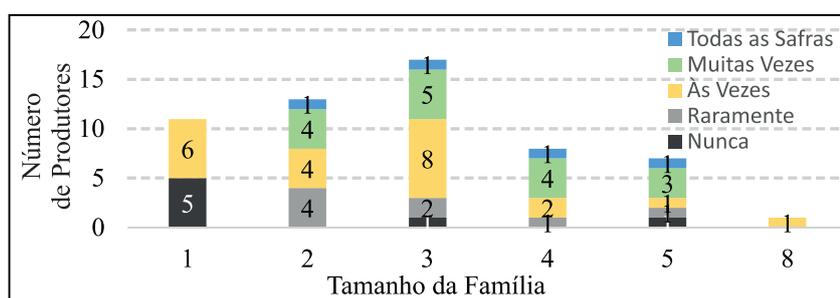
Segundo Knight et al. (2003) o aumento do nível educacional reduz a aversão ao risco, e aumenta a probabilidade de adoção de inovações. De acordo com os autores, o maior nível educacional pode diminuir a dificuldade de lidar com o risco inerente às atividades agrícolas, e reduz a incerteza à medida que os produtores desenvolvem a capacidade de receber, decodificar e entender informações. Contudo, o potencial de decodificação de informação da nossa amostra pode ser limitado, pois, todos os produtores que não possuem ensino superior estão acima da média de idade da amostra (42 anos), sugerindo maior dificuldade para compreensão das tecnologias.

Tabela 5. Escolaridade por faixa de idade.



A cooperativa atua para melhorar a capacidade de decodificação das informações dos produtores e, também, capacitando as mulheres e jovens, ofertando palestras e cursos de curta duração. Estes programas alcançaram 72,41% (42) dos produtores, e quanto maior a família, mais frequentes são os cursos de capacitação por família, conforme a Tabela 6. A família dos produtores é composta em sua maioria (70,69%) por até 3 membros e 31,03% (18) das famílias residem em endereço diferente da propriedade rural.

Tabela 6. Realização de capacitações por tamanho de família.

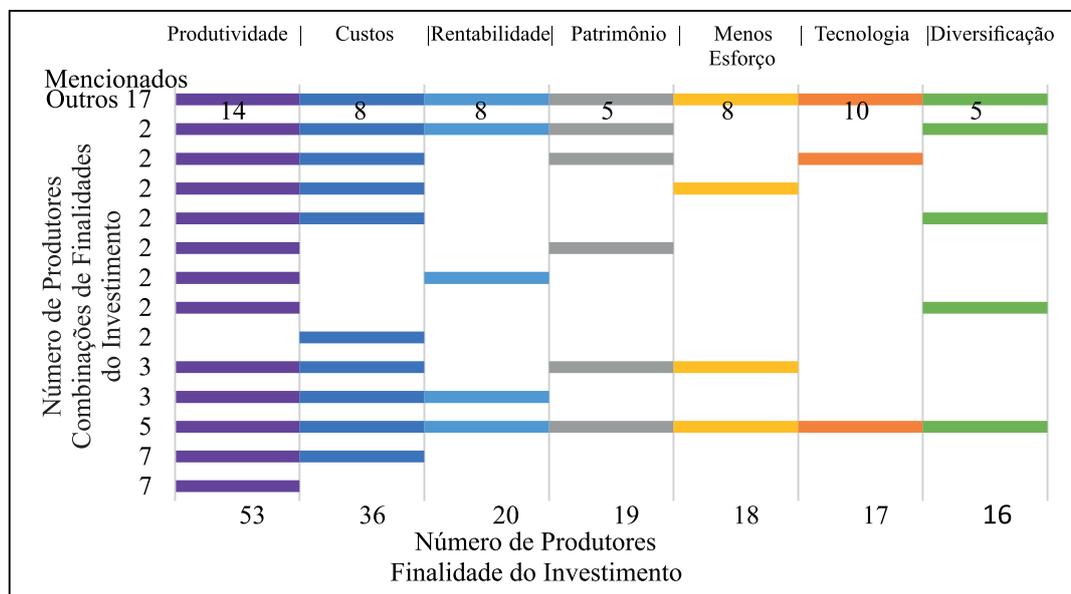


Para 91,38% (53) dos produtores, a produtividade é o principal objetivo ao investir, entretanto, somente 29,31% (17) responderam que investiram em tecnologias, de acordo com a Tabela 7. Isso sugere que parte dos produtores parece não associar a tecnologia ao aumento de produtividade, mesmo que seja de longo prazo.

Apenas 8,62% (5) dos produtores planejaram o investimento, considerando os sete objetivos estratégicos abordados no questionário. Para 24,14% (14) dos produtores o planejamento considera a combinação da produtividade, do custo e da otimização dos processos, cujo objetivo é conduzir à

maior rentabilidade como finalidade do investimento. Foram 29 produtores que adotavam três ou menos objetivos para o investimento, indicando uma oportunidade para capacitações em planejamento estratégico.

Tabela 7. Finalidade do investimento.



Nota: "Outros 17": formaram 17 combinações adotadas apenas por um produtor, seguido ao longo da linha o número de menções para cada finalidade.

A Tabela 8 apresenta a correlação de Pearson entre a variável *Tecnologias Adotadas* e o perfil do produtor rural. A maioria das correlações indica que existe uma associação direta e de baixa intensidade entre a capacidade de decodificação de informação do produtor e a quantidade de tecnologias adotadas na produção de soja. Pode-se fazer os seguintes destaques:

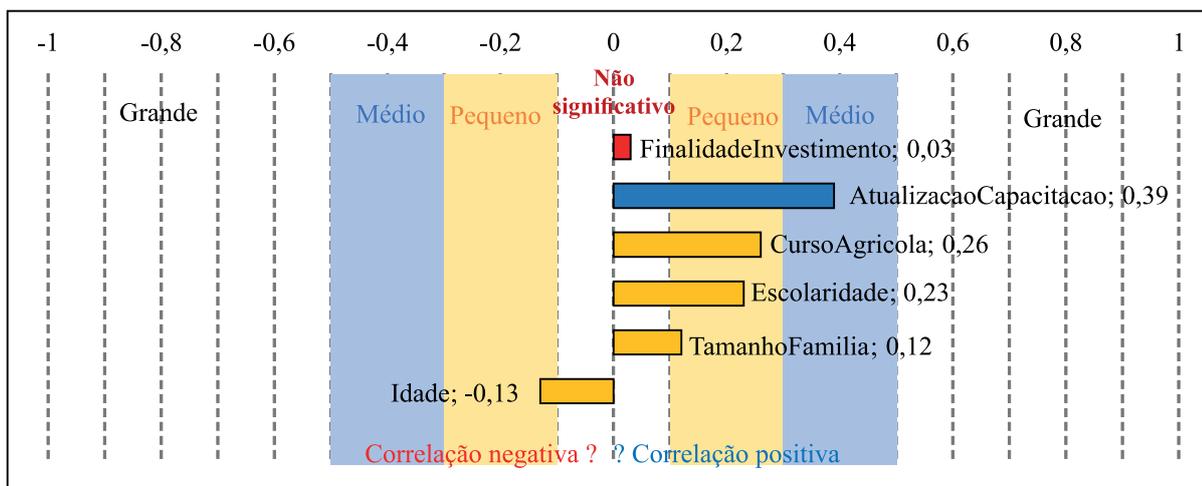
Capital humano – escolaridade e os cursos na área agrícola e capacitação são importantes para a adoção de tecnologias. As correlações foram positivas. O destaque ficou para a correlação dos cursos de curta duração, que foi positiva de média intensidade, evidenciando a importância da política de capacitação da cooperativa;

Tamanho da família – houve correlação direta com o tamanho da família, apesar de pequena. O uso da tecnologia pode ser facilitador para o processo de sucessão familiar, porque pode tornar as atividades da agropecuária mais atrativa para os jovens;

Juventude - a promoção de política de capacitação de jovens da cooperativa pode ser muito promissora, pois a correlação com a idade foi positiva, apesar de fraca, indicando que quanto mais jovem o produtor mais fácil é para aplicar as novas tecnologias; e

Finalidade de investimento – a correlação da finalidade dos investimentos não foi significativa, indicando que a baixa variabilidade entre os conjuntos de finalidade dos investimentos e a concentração em produtividade e custo (Tabela 7) podem ter contribuído para a não significância da correlação. Por outro lado, revela um potencial oportunidade de aprimoramento das capacidades de decodificação das informações no ambiente para ampliar a tecnologia de precisão do Agro 3.0.

Tabela 8. Correlação entre o perfil do produtor e a adoção de tecnologias.



A Figura 2 A mostra que os principais motivos para adotar tecnologias foram o aumento, a otimização ou o melhoramento da produtividade, da produção, da rentabilidade, das operações e da sustentabilidade. A Figura 2 B mostra os receios que fomentam a não aplicação de tecnologias: os altos preços e os custos da tecnologia e dos equipamentos; a inviabilidade de implantação; o fato de serem pequenos produtores; a dificuldade para capacitar o pessoal; e a burocracia na liberação de capital para os investimentos.



Figura 2. Nuvem de palavras de motivos para adotar tecnologias (A) e motivos para não adotar tecnologias (B).

4.3 Perfil da propriedade rural

A Tabela 9 e a Tabela 10 mostram que 49,41% de o total de área da amostra está concentrado em 7 propriedades (12,07%), enquanto uma pequena parcela da área (11,87%) está distribuída entre 55,17% (32) das propriedades. Além disso, 55,17% (32) das propriedades rurais possuem até 72 ha, evidenciando a importância do cooperativismo para prestar assistência técnica para os pequenos produtores, o que é ratificado pela área média (50 ha) plantada com soja. É importante destacar que os pequenos produtores são os que mais diversificam a produção, eles destinam em média 20,23% da área para outras atividades, enquanto os maiores produtores focam no plantio da soja.

Tabela 9. Tamanho da propriedade.

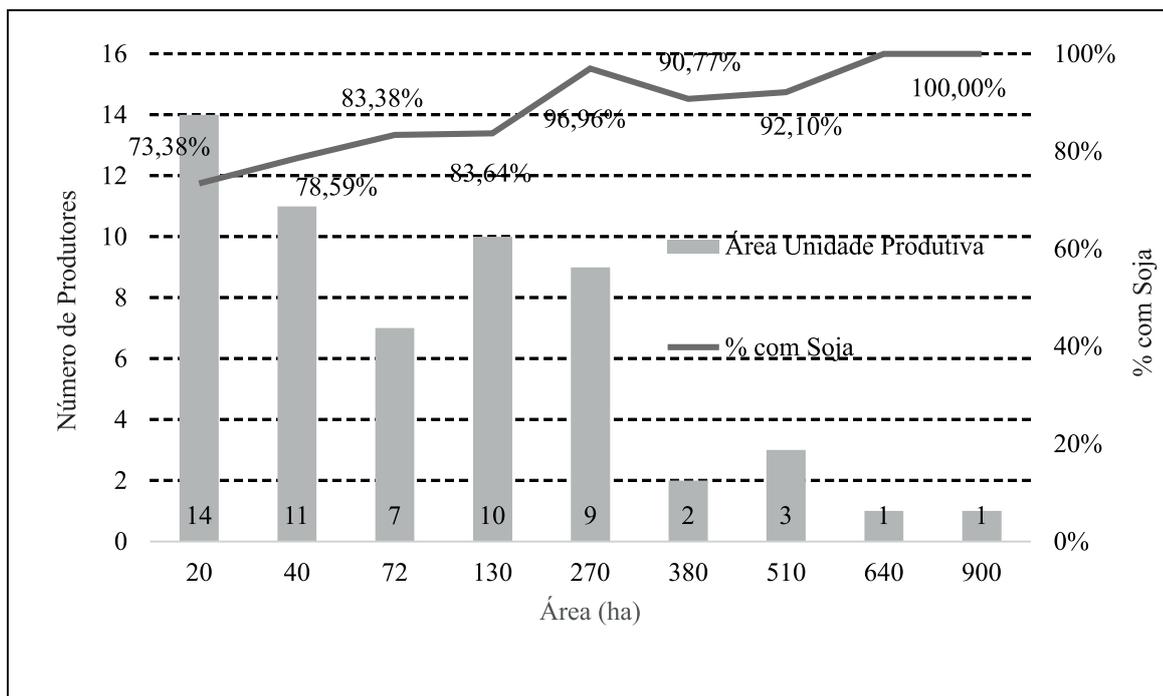


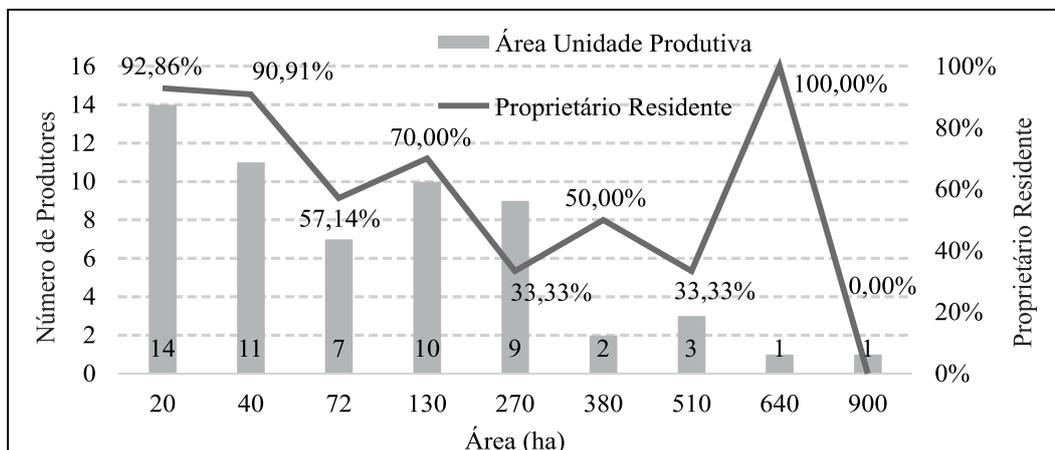
Tabela 10. Distribuição da área (ha) entre os produtores de soja.

Distribuição da área	Tamanho da propriedade ⁽¹⁾			Total
	Pequena	Média	Grande	
Área (ha)	867,30	2.829,00	3.610,00	7.306,30
Área com soja (ha)	691,87	2.607,00	3.435,00	6.733,87
Número de produtores	32	19	7	58

⁽¹⁾O módulo fiscal no Oeste do Paraná é de 18 ha, são consideradas pequenas as propriedades até 4 módulos fiscais, médias as com até 15 e grandes as maiores que 15 (Brasil, 1993, Art. 4, inc. II e III).

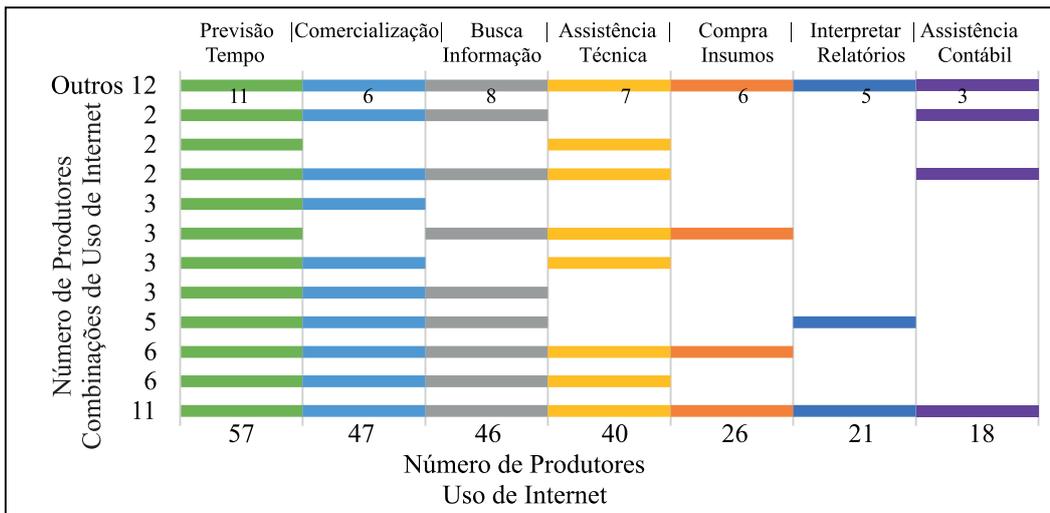
A Tabela 11 mostra a mão de obra familiar nas pequenas unidades produtivas, onde 84,38% (49) dos produtores residem nas propriedades com área média de 27,10 ha. As propriedades menores são as mais diversificadas, tornando os processos produtivos mais complexos, potencialmente exige mais tempo de dedicação, contribuindo para residirem na propriedade.

Tabela 11. Tamanho da propriedade por local de residência do produtor.



A Tabela 12 mostra a internet como uma ferramenta fundamental que facilita a cooperação com diversos grupos de suporte ao longo da cadeia produtiva. Os produtores buscam por informações como a previsão do tempo (98,28%), comercialização (81,03%) e assistência técnica (68,97%), entre outras. Na busca por informações e suporte para a produção, 18,97% (11) dos produtores utilizam a internet para se comunicar com os sete grupos de atividade de suporte levantados pelo questionário (Tabela 12). Novamente, é uma grande oportunidade para aumentar as capacidades dos produtores rurais de avançar na aplicação das tecnologias do Agro 3.0, que podem contribuir para utilizar as tecnologias do Agro 4.0.

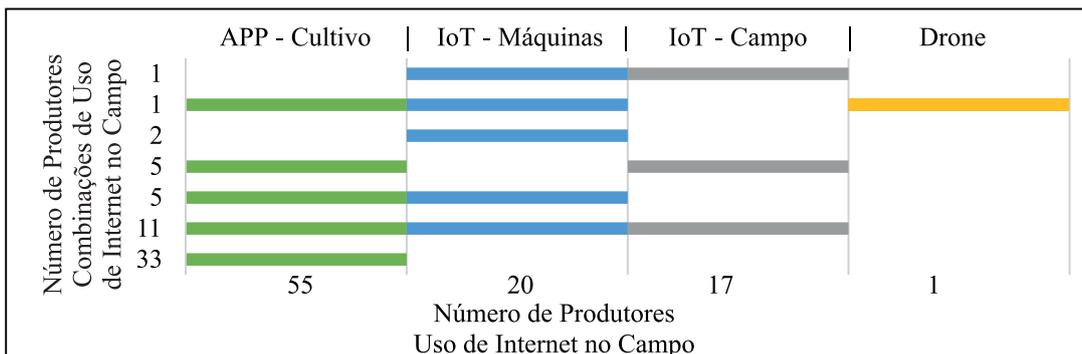
Tabela 12. Uso da internet por atividades de suporte.



Nota: "Outros 12": formaram 12 combinações adotadas apenas por um produtor, seguido ao longo da linha o número de menções para cada uso.

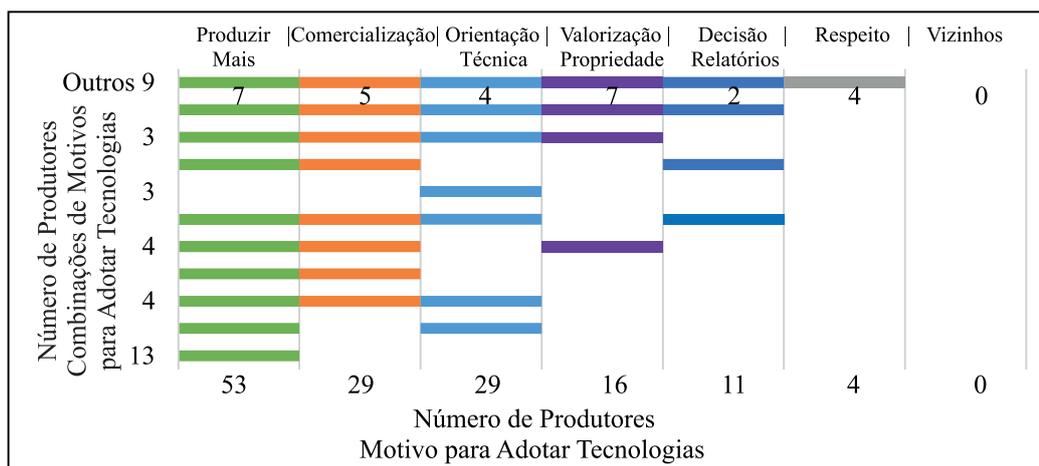
A Tabela 13 mostra que 94,83% (55) dos produtores utilizam aplicativos que ajudam nas diversas fases da produção. Entretanto uma parcela menor, 34,48% (20) dos produtores, utiliza a internet para conectar máquinas e equipamentos diretamente ao banco de dados (IoT); 29,31% (17) utilizam para conectar dispositivos que coletam dados de solo, de plantas e do tempo (IoT); e apenas uma propriedade rural utiliza a internet para operar drones com o intuito de mapeamento e execução de atividades como a pulverização. Mais da metade dos produtores utiliza a internet apenas para acessar aplicativos.

Tabela 13. Utilização da internet no campo.



Para 91,38 % (53) dos produtores, a principal motivação para adotar tecnologias foi o aumento da produção e 50% (29) dos produtores combinam os desejos de aumentar a produção com a otimização da comercialização de grão (Tabela 14), que está em consonância com os objetivos de investimento para aumento da produtividade (Tabela 7). O perfil das motivações para a adoção de tecnologias é bastante diversificado, sugerindo que há eficácia da cooperativa na execução da política para transferência de tecnologia.

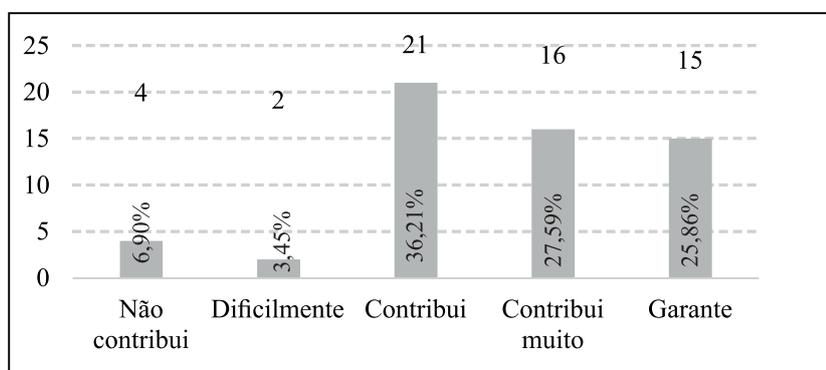
Tabela 14. Motivação para adotar tecnologias.



Nota: “Outros 9”: formaram 9 combinações adotadas apenas por um produtor, seguido ao longo da linha o número de menções para cada motivação.

A política de capacitação da cooperativa contribuiu para a família tornar-se um agente importante para a adoção de tecnologias, visto que as capacitações foram, também, direcionadas para as mulheres e jovens. Consequentemente, a cooperativa também contribuiu para que a produção de soja se tornasse altamente tecnológica, lucrativa e atraente para a sucessão familiar para 89,66% (52) das propriedades rurais cooperadas (Tabela 15).

Tabela 15. Influência da tecnologia na sucessão familiar.



A Tabela 16 mostra as correlações de Pearson entre a variável *Tecnologias Adotadas* e o perfil da propriedade rural. Existe associação direta e de média intensidade entre diversas variáveis que estão fortemente relacionadas com a capacidade de decodificação de informação da propriedade rural, ou seja, associadas ao processo e rotinas produtivas da soja. Pode-se fazer os seguintes destaques:

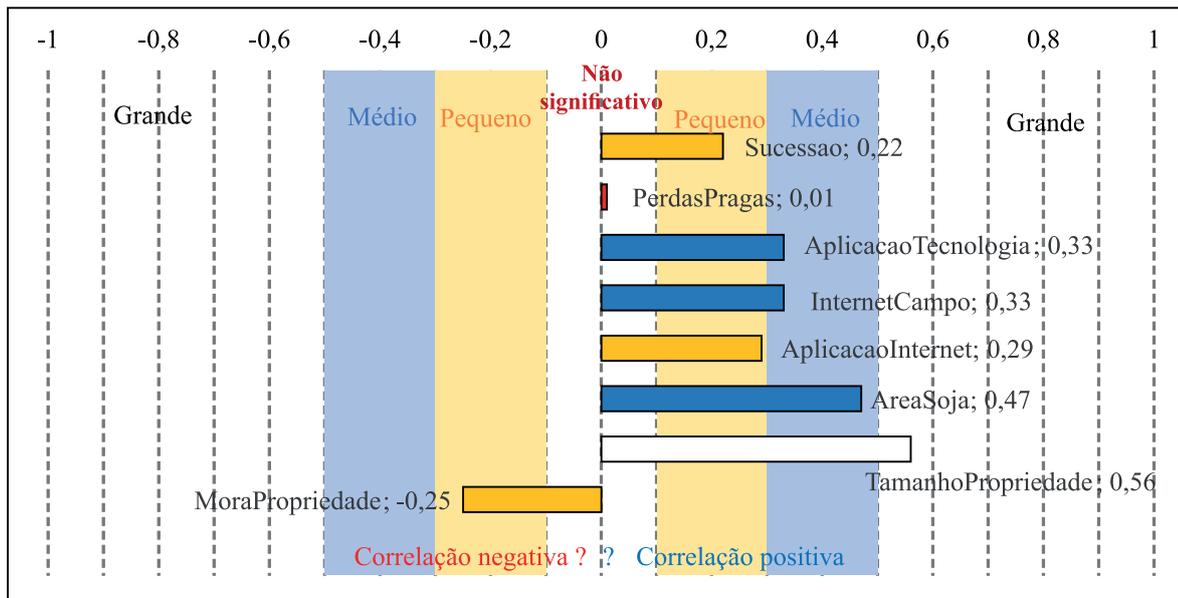
Moradia e sucessão – não morar na propriedade rural implica na necessidade de um nível de controle elevado e, portanto, a adoção de mais tecnologia, conforme evidenciado na correlação inversa e de fraca intensidade com a condição de o produtor residir na propriedade rural. As novas tecnologias contribuem para a permanência do jovem no campo, conforme evidenciado pela correlação direta e de fraca intensidade com a intensão da sucessão familiar;

Ganhos de escala – as correlações direta e grande intensidade com o tamanho da propriedade, e direta e média intensidade com a área de soja indicam que quanto maior a propriedade, maior é a adoção de tecnologias;

Uso de internet – o uso da internet apresenta correlações significativas com a adoção de tecnologias. No planejamento das atividades do campo a correlação é direta e de intensidade pequena, e na produção a correlação é direta e de intensidade média; e

Motivação para a aplicação de tecnologias – quanto mais motivos para aplicar tecnologias maior será a quantidade de tecnologias adotadas, visto a correlação direta e de intensidade média.

Tabela 16. Correlações entre a adoção de tecnologias e o perfil da propriedade rural.



A Figura 3 ratifica que o foco das tecnologias está na gestão e na produção, pois existe um grande uso do aplicativo da cooperativa, de aplicativos para previsão do tempo, de aplicativos dos fornecedores de insumos como o *Fieldview* e de fornecedores de máquinas e equipamento. Com menor intensidade o aplicativo Radar apresenta notícias sobre negócios, cotações e clima.

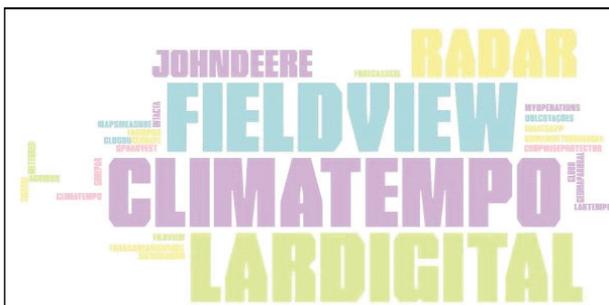
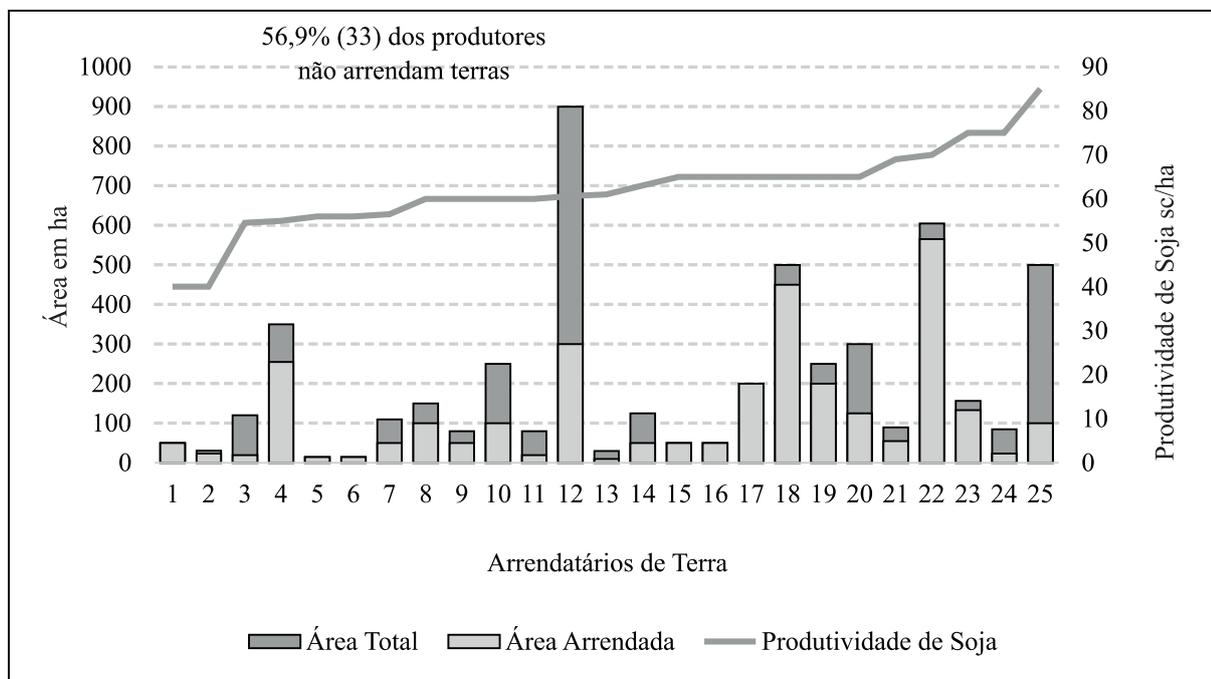


Figura 3. Nuvem de palavras de softwares utilizados nas atividades agrícolas.

4.4 – Suporte na cadeia produtiva

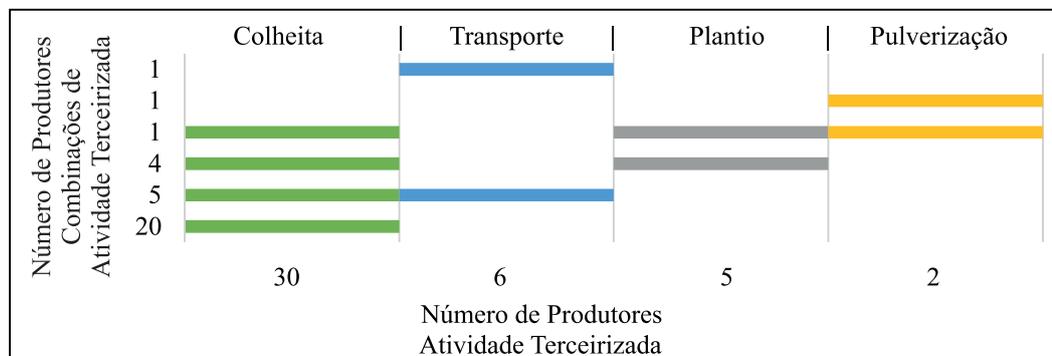
A Tabela 17 mostra que 43,10% (25) dos produtores arrendam terras, destacando que este é um fator importante para a economia de escala, pois permite ao produtor se ajustar às condições dos mercados de insumos e dos fatores de produção. Além disso, pode-se destacar a disponibilidade de terras para arrendamento na região.

Tabela 17. Arrendamento de terra.



A terceirização das atividades possui um efeito estratégico em conjunto com a disponibilidade de terras, 55,17% (32) dos produtores terceirizam alguma etapa da produção, sendo que 93,75% (30) terceirizam a colheita (Tabela 18). Entre os 31,25% (10) dos produtores que terceirizam mais de uma atividade é mais comum a colheita com o transporte (18,75%) ou com o plantio (15,63%). A operação da colheita é feita pelos maiores produtores da região, por serem os proprietários das máquinas. A cooperação entre concorrentes propiciou retorno econômico para todos os produtores e a transferência de tecnologia para os arrendatários.

Tabela 18. Atividades terceirizadas.



A assistência técnica foi fornecida pela cooperativa e recebida por 89,66% (52) dos cooperados, 3,45% (2) recebem assistência da Emater, 27,59% (16) de outras fontes e 8,62% não utilizam assistência técnica. De forma complementar, a Figura 4 evidencia que o apoio técnico é ofertado por fornecedores e diversas revendas.

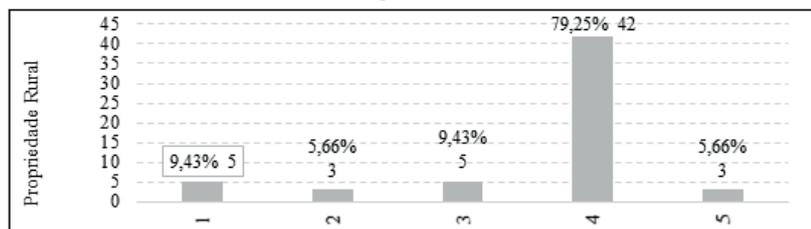


Figura 4. Nuvem de palavras de demais assistências técnicas.

A comunicação possui um papel estratégico nas relações ao longo da cadeia produtiva, o que pode facilitar a implantação das tecnologias do Agro 4.0 e promover o protagonismo da firma (Cohen & Levinthal, 1990). Assim, a disponibilidade dos serviços de internet banda larga e 4G são fundamentais para os produtores rurais, 91,38% (53) das propriedades possuem banda larga e destas 84,91% (45) informaram que a qualidade do serviço é boa (Tabela 19).

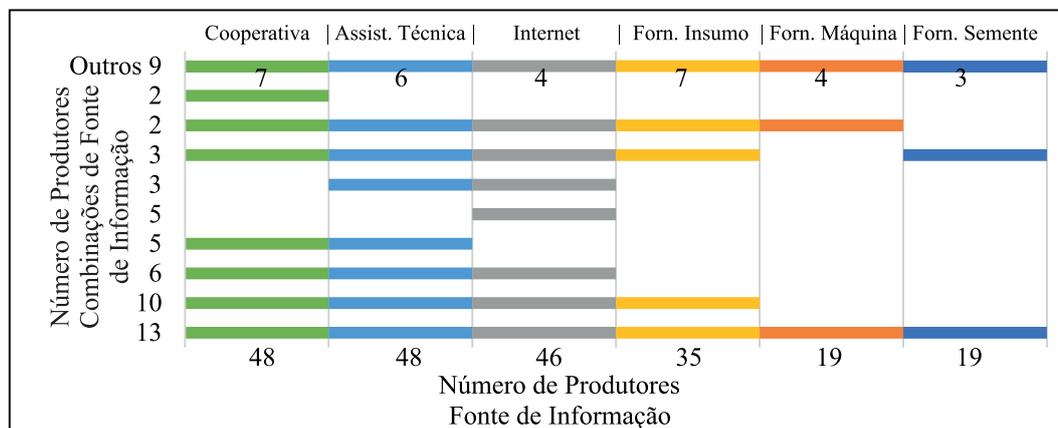
A internet 4G é utilizada por 98,28% das propriedades agrícolas. Apenas um produtor ficou totalmente descoberto por banda larga e 4G. Os produtores da amostra têm cobertura maior do que a média do Paraná, que é de 60% das propriedades, de acordo com Franco (2021). A tecnologia 5G estará disponível em breve, portanto, deve reduzir a limitação de acesso à internet e à IoT.

Tabela 19. Qualidade da banda larga.



A Tabela 20 indica que o produtor utiliza informações de diversas fontes. Como se observa, 22,41% (13) dos produtores buscam informações em toda a cadeia produtiva, enquanto 82,76% (48) buscam informações na cooperativa e assistência técnica. Essa gama de transações de informação permite o alinhamento de prioridades com os fornecedores e a promoção do bem-estar, fomentando a cooperação e a capacidade inovativa (Lioutas et al., 2019).

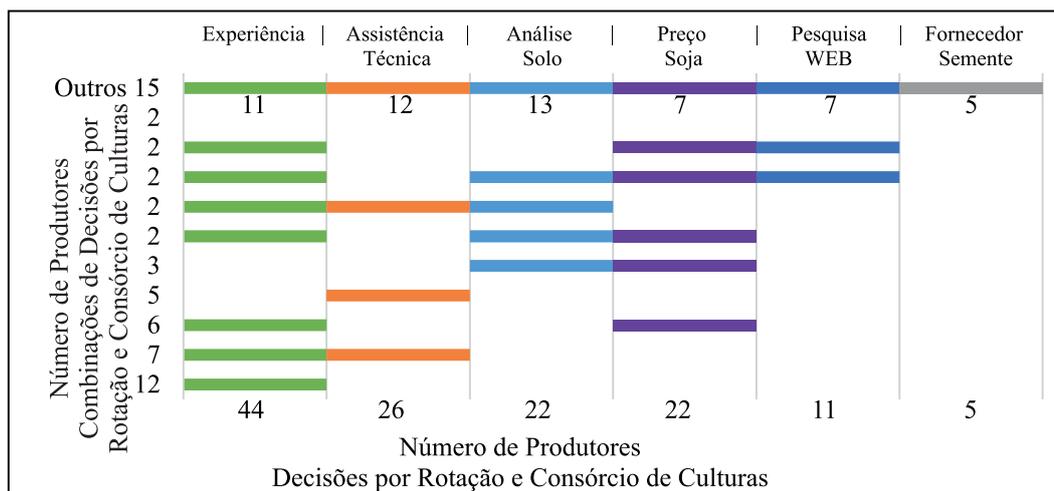
Tabela 20. Fontes de informação.



Nota: “Outros 9”: formaram 9 combinações adotadas apenas por um produtor, seguido ao longo da linha o número de menções para cada fonte.

A Tabela 21 apresenta que 79,31% (46) dos produtores buscam dados e informações na cadeia produtiva para subsidiar as decisões sobre a rotação e o consórcio de culturas. O apoio é oriundo de combinações de fontes de informação. No que concerne às decisões de rotação e consórcio de culturas, 44,83% (26) dos produtores, consideram o apoio da assistência técnica e 37,93% (22) estimam a análise de solo e o preço da soja. Apesar dos avanços tecnológicos e das comunicações ao longo da cadeia produtiva, 20,69% (12) dos produtores decidem sobre o que será plantado exclusivamente com base em suas experiências.

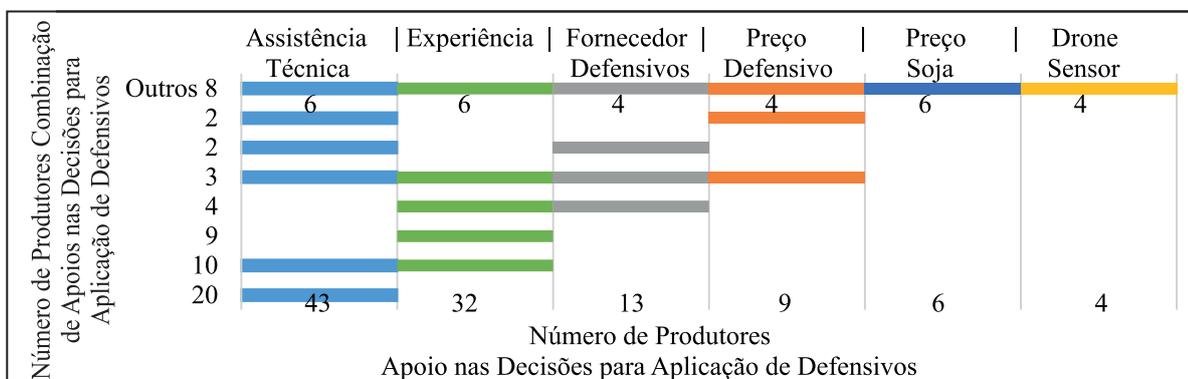
Tabela 21. Decisão por rotação e consórcio de culturas.



Nota: “Outros 15”: formaram 15 combinações adotadas apenas por um produtor, seguido ao longo da linha o número de menções para cada finalidade.

A assistência técnica apoia 74,17% (43) dos produtores na decisão para aplicação de defensivos, sendo que 39,66% (23) combinam a assistência técnica com várias fontes de apoio, aumentando a qualidade da decisão. Os fornecedores de defensivos têm baixa influência, 22,41% (13) dos produtores, no momento de escolher os defensivos. Poucos produtores, 15,52% (9), estão na contramão na escolha da tecnologia, porque utilizam exclusivamente a própria experiência ao decidir aplicar defensivos na lavoura. Apenas 6,89% (4) dos produtores utilizam as informações de Drone Sensor. Por ser pouco difundida, esse tipo de tecnologia tem muito potencial para expansão (Tabela 22).

Tabela 22. Apoio nas decisões para aplicação de defensivos.

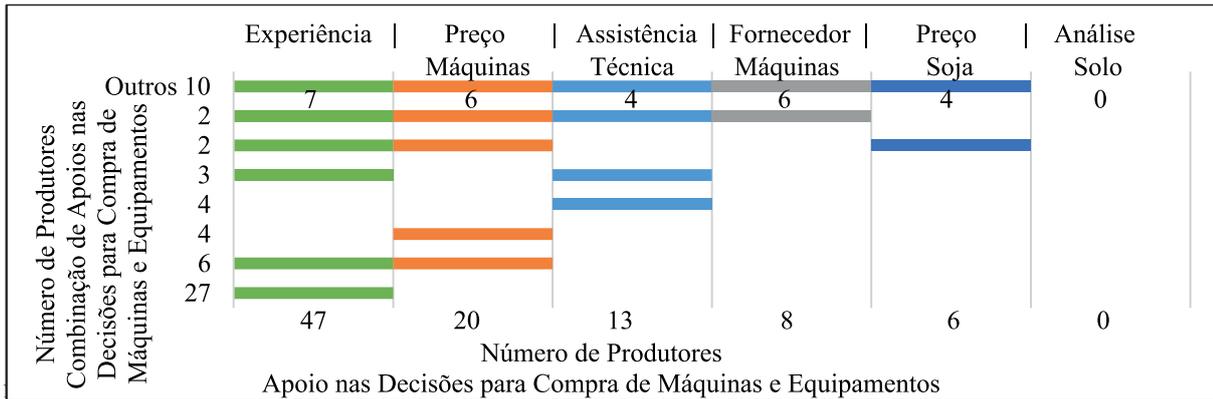


Nota: “Outros 8”: formaram 8 combinações adotadas apenas por um produtor, seguido ao longo da linha o número de menções para cada apoio.

Na decisão de compra de máquinas e equipamentos 53,45% (31) dos produtores buscam informações adicionais, ou seja, que combinam pelo menos duas fontes de informações. Destaca-se

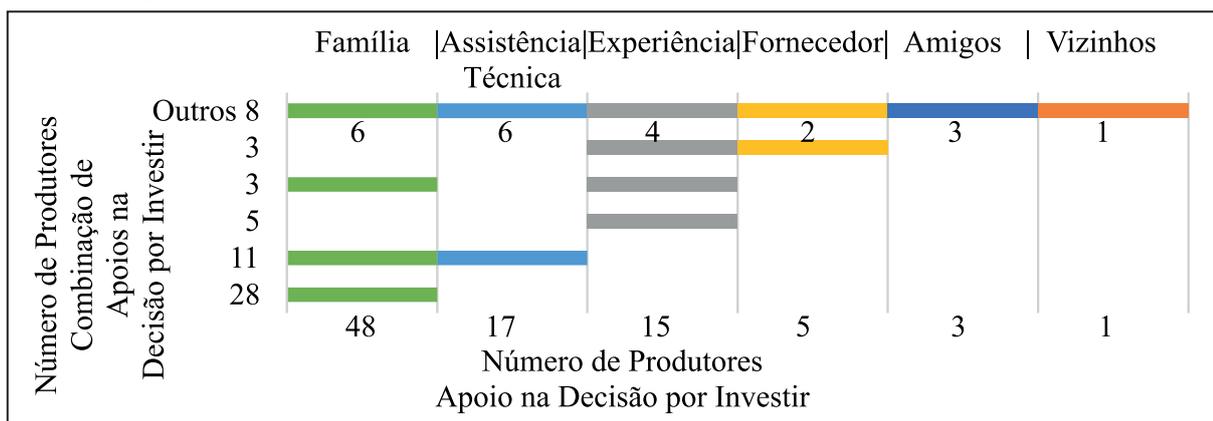
que 46,55% (27) produtores contam apenas com a experiência, uma parcela relevante para uma decisão dessa natureza, com impacto financeiro patrimonial e na eficiência produtiva. Além disso, 34,48% (20) consideram os preços das máquinas e equipamentos e 22,41% (13) consideram a assistência técnica. Fica evidente a baixa influência dos fornecedores de máquinas e equipamentos, pois eles apoiam apenas 13,79% (8) dos produtores no momento de escolher a tecnologia mais adequada para a produção, conforme a Tabela 23.

Tabela 23. Decisão para compra de máquinas e equipamentos.



Na decisão de investir a família assume uma posição central para 82,76% (48) dos produtores, evidenciando a importância das capacitações ofertadas pela cooperativa às mulheres e aos jovens, contribuindo para melhorar a qualidade da decisão sobre os investimentos. Fica evidente a baixa influência dos fornecedores, pois eles apoiam apenas 8,62% (5) dos produtores no momento de investir em tecnologias mais adequadas para a produção, conforme a Tabela 24.

Tabela 24. Apoio na decisão por investir.



Nota: “Outros 8”: formaram 8 combinações adotadas apenas um por produtor, seguido ao longo da linha o número de menções para cada decisão.

A Tabela 25 exibe a correlação de Pearson entre a variável *Tecnologias Adotadas* e as variáveis da estrutura de apoio. As tarefas relacionadas diretamente ao processo produtivo da soja apresentaram correlação positiva com adoção no número de tecnologias. Pode-se fazer os seguintes destaques:

Apoio para investir – são evidenciados mais aspectos qualitativos do que quantitativos, pois a correlação do número de tecnologias adotadas com o somatório das fontes de apoio foi negativa, sugerindo a importância particular da família em detrimento dos demais;

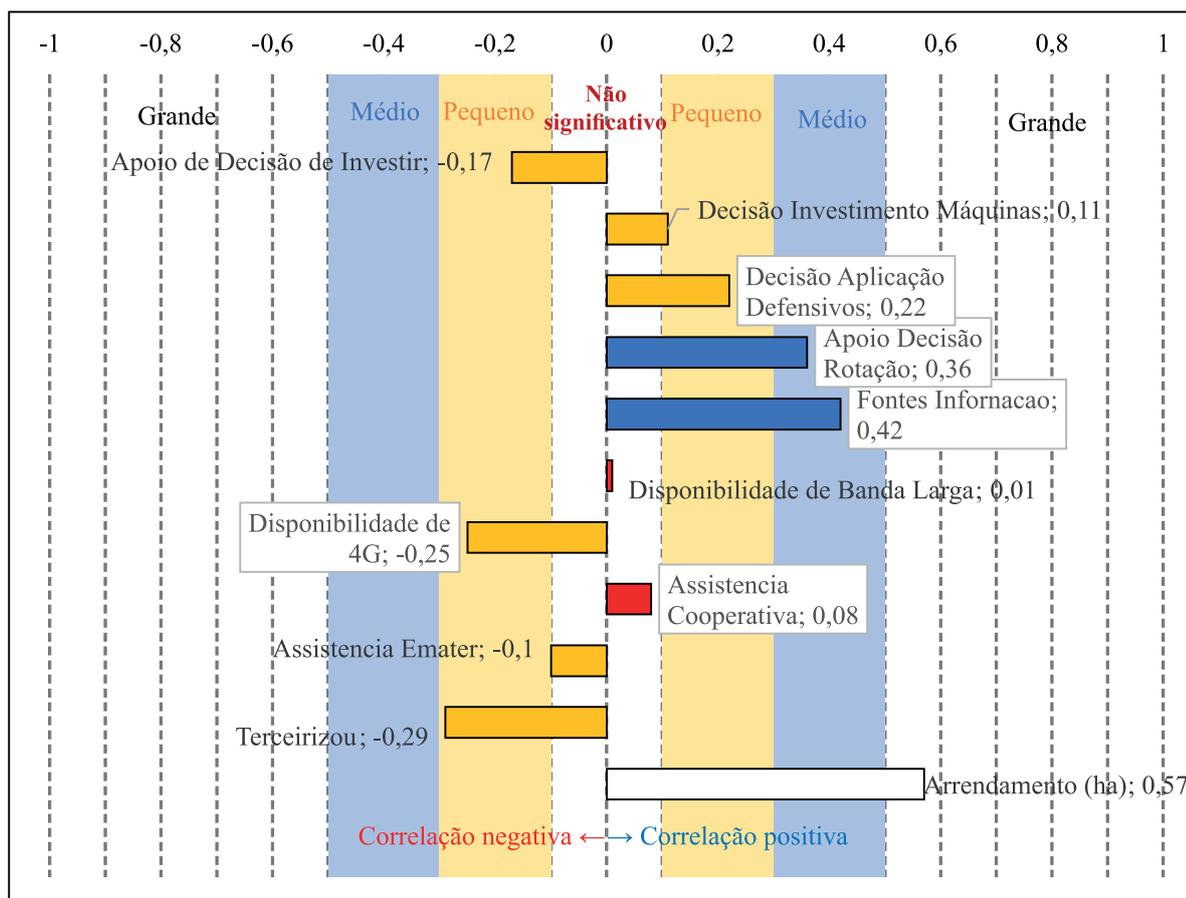
Escala de produção - o arrendamento de terra teve papel central para aumentar a escala de produção e aumentar a adoção tecnologias, pois a correlação foi positiva e alta;

Terceirizar a tecnologia - as terceirizações das fases de produção, principalmente da colheita, apresentaram uma correlação inversa e pequena, pois a adoção das tecnologias na propriedade rural não ocorre pelo investimento e sim pelo custo variável;

Conectividade – a disponibilidade de 4G e banda larga apresentaram correlação não significativas, muito provavelmente em razão da falta de variabilidade dos dados, assim, o acesso à internet não diferencia os que utilizam tecnologias; e

Assistência técnica – a assistência técnica é fundamental para a adoção de tecnologia. Particularmente aquela oriunda da Emater foi pouco importante, sendo a correlação negativa e não significativa, pois atendem poucos produtores. Por outro lado, a cooperativa assiste a vários produtores, tornando-se importante fonte de assistência técnica, da mesma maneira como foi fonte de informação, a despeito de não ter sido significativo. Isso reflete a forte presença das cooperativas na região Oeste do Paraná.

Tabela 25. Correlações entre a adoção de tecnologias e as estruturas institucionais de apoio.



Em resumo, pode-se identificar os elementos que levam à adoção de tecnologias:

- Capital humano – a escolaridade do produtor e a capacitação por cursos complementares direcionados ao produtor e aos demais membros da família;

Core business – as práticas de arrendamento e terceirização permitem que a tecnologia seja incorporada, otimizando o uso dos fatores de produção, reduzindo o nível de investimento e aumentando a escala de produção;

Investimento – o apoio para orientar os investimentos tem forte influência da família, parece primordial a manutenção das capacitações que aprimoram a capacidade de decisão de todos os membros da família;

Fontes de informação – a cooperativa foi importante fonte de informação, assim como a própria experiência, de tal ordem que a relação da cooperativa com o produtor pode contribuir para aumentar a experiência e o uso de fontes externas de informações; e

Apoio à decisão – a estrutura de apoio para a decisão de comprar máquinas e equipamentos e aplicação de defensivos, bem como a estrutura de apoio para as práticas agrícolas, tiveram papéis ativos da cooperativa.

CONCLUSÕES

O trabalho foi realizado a partir de um estudo de caso com produtores de soja de pequena e média escala na região Oeste do estado do Paraná. Essa região possui altos índices de produtividade em decorrência da combinação da adoção de tecnologias e de fatores edafoclimáticos favoráveis. Os produtores são associados a uma cooperativa agroindustrial localizada na própria região.

Os resultados mostram que os produtores adotam tecnologias de precisão em várias fases da produção agrícola e em níveis diferentes de automação, classificada como Agro 3.0. A adoção de tecnologias possui correlação com o perfil do produtor, principalmente as variáveis relacionadas ao capital humano (educação formal e complementares).

O arrendamento de terra teve forte associação para aumentar os ganhos de escalas, bem como a terceirização da colheita e/ou outras atividades. Desta forma, foi facilitada a adoção de tecnologias, reduzindo a mobilização de capital fixo, tornando custos variáveis a tecnologia que está acoplada aos serviços contratados, por exemplo, a colheita. Os resultados apontam que a adoção de tecnologias está significativamente correlacionada ao *core business* (produção agrícola); às fontes de informação e ao apoio na decisão por investir; e ao apoio às decisões ligadas às operações agrícolas.

A cooperativa foi a principal fonte de informação e assistência técnica para promover a adoção de tecnologias. Ela também foi muito importante para a capacitação do produtor e dos demais membros da família. Além disso, dado o elevado nível de qualificação dos produtores, a sucessão familiar na produção da soja pode ser facilitada pela intensificação da tecnologia nas áreas rurais.

A cooperativa e, em menor grau, os fornecedores são os maiores promotores da capacidade de decodificação de informação dos produtores, bem como da propriedade rural (processos e rotinas da produção), tornando-os capazes de identificar as tecnologias 4.0 que combinem de forma ótima os fatores de produção aos processos de trabalho.

O desenvolvimento tecnológico para avançar na direção da Agricultura 4.0 está associado à solução de gargalos por meio de alinhamento entre os *stakeholders*, os quais promovem a inovação e a diluição dos riscos de pesquisa e desenvolvimento. Os produtores de soja estudados devem avançar no estoque de tecnologias do Agro 3.0 para potencializá-los, e então dar um salto para o Agro 4.0, ou seja, é necessário aumentar o estoque de tecnologias.

A capacidade de decodificação das informações do produtor está associada à educação formal e à qualificação através de cursos complementares e, também, da estrutura de apoio da cooperativa. Como a família foi central para decisão de investimento, o envolvimento de todos os membros das

famílias nas atividades produtivas e, especialmente, nos projetos capacitação e atualização realizados pela cooperativa tende a contribuir para ampliar a capacidade de decodificação das informações.

Concluimos que para os produtores analisados o capital humano e o capital social, assim como, a estrutura de apoio são promotores da capacidade de decodificação das informações que pode facilitar a adoção de mais tecnologia do Agro 3.0 e avançar na aplicação das tecnologias do Agro 4.0. A decodificação das informações pela propriedade rural por meio dos processos e rotinas também é importante para a adoção de mais tecnologias do Agro 4.0.

A Agricultura 4.0 tem potencial promover a produção com a mitigação de riscos sociais econômicos e ambientais, pelo uso mais eficiente e seguro dos insumos, principalmente dos fertilizantes e pesticidas. As pesquisas empíricas sobre o estoque de tecnologia disponíveis para várias culturas devem contribuir para entender os mecanismos que possam ampliar a adoção de tecnologia do Agro 3.0 e avance para o Agro 4.0. As pesquisas futuras poderiam avançar na análise das estruturas de governanças entre os produtores cooperados e cooperativas que contribuam para alcançar as tecnologias da Agricultura 4.0.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.; CONTINI, E.; HAINZELIN, É. Transformações da agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.22, p.37-51, 2005.
- ANGELONI, M.T. Elementos intervenientes na tomada de decisão. **Ciência da Informação**, v.32, p.17-22, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-19652003000100002>.
- ANNOSI, M.C.; BRUNETTA, F.; MONTI, A.; NAT, F. Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs. **Computers in Industry**, v.109, p.59-71, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.003>.
- AREND, M. Revoluções tecnológicas, finanças internacionais e estratégias de desenvolvimento: um approach Neo-Schumpeteriano. **Ensaio FEE**, v.33, p.363-396, 2012.
- ARTUZO, F.D.; SOARES, C.; WEISS, C.R. Inovação de processo: O impacto ambiental e econômico da adoção da agricultura de precisão. **Espacios**, v.38, p.6-10, 2017.
- BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y.; BERNARDI, A.C. de C.; VAZ, C.M.P.; SPERANZA, E.A.; CRUVINEL, P.E. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, v.20, p.17-36, 2019. DOI: <https://doi.org/10.23925/1984-3585.2019i20p17-36>.
- BINKLEY, D.; DAVIS, M.; LAWRIE, D.; MORRELL, C. To camelcase or under_score. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROGRAM COMPREHENSION, 17., 2009, Vancouver. **Proceedings**. Vancouver: IEEE, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICPC.2009.5090039>.
- BRASIL. **Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. 1993. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8629.htm>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- BUAINAIN, A.M.; CAVALCANTE, P.; CONSOLINE, L. **Estado atual da agricultura digital no Brasil: inclusão dos agricultores familiares e pequenos produtores rurais**. Santiago: Nações Unidas, 2021.
- COELHO, A.M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 60p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 46).
- COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd ed. [Mahwah]: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- COHEN, W.M.; LEVINTHAL, D.A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, v.35, p.128-152, 1990. DOI: <https://doi.org/10.2307/2393553>.
- CORRÊA, L.M.; PINTO, E.C.; CASTILHO, M. dos R. Mapeamento dos padrões de atuação dos países nas Cadeias Globais de Valor e os ganhos em termos de mudança estrutural. **Economia e Sociedade**, v.28, p.89-122, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2019v28n1art06>.
- FIGUEIREDO FILHO, D.B.; SILVA JÚNIOR, J.A. da. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de pearson (r). **Revista Política Hoje**, v.18, p.115-146, 2009.
- FRANCO, K. Mais de 60% das propriedades rurais do Paraná não têm cobertura de internet. **Jornal Centro Sul Hoje**, 14 jul. 2021.

- GEREFFI, G.; HUMPHREY, J.; STURGEON, T. The governance of global value chains. **Review of International Political Economy**, v.12, p.78-104, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>.
- GÖTZ, M.; JANKOWSKA, B. Clusters and Industry 4.0 - do they fit together? **European Planning Studies**, v.25, p.1633-1653, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1327037>.
- GRILICHES, Z. Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. **Econometrica**, v.25, p.501-522, 1957. DOI: <https://doi.org/10.2307/1905380>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- JULIEN, P.-A.; ANDRIAMBELOSON, E.; RAMANGALAHY, C. Networks, weak signals and technological innovations among SMEs in the land-based transportation equipment sector. **Entrepreneurship & Regional Development**, v.16, p.251-269, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/0898562042000263249>.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Prospect theory: an analysis of decision under risk. **Econometrica**, v.47, p.263-292, 1979. DOI: <https://doi.org/10.2307/1914185>.
- KNIGHT, J.; WEIR, S.; WOLDEHANNA, T. The role of education in facilitating risk-taking and innovation in agriculture. **Journal of Development Studies**, v.39, p.1-22, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/00220380312331293567>.
- LALL, S. Technological capabilities and industrialization. **World Development**, v.20, p.165-186, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90097-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F).
- LAUSCHNER, R. **Agribusiness, cooperativa e produção rural**. São Leopoldo: Unisinos, 1995. 294p.
- LEVIN, R.C.; REISS, P.C. Cost-reducing and demand-creating R&D with spillovers. **RAND Journal of Economics**, v.19, p.538-556, 1988. DOI: <https://doi.org/10.2307/2555456>.
- LIMA, G.C.; FIGUEIREDO, F.L.; BARBIERI, A.E.; SEKI, J. Agro 4.0: enabling agriculture digital transformation through IoT. **Revista Ciência Agronômica**, v.51, e20207771, 2020.
- LIOUTAS, E.D.; CHARATSARI, C.; La ROCCA, G.; De ROSA, M. Key questions on the use of big data in farming: an activity theory approach. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v.90/91, art.100297, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.003>.
- LIU, C. International competitiveness and the fourth industrial revolution. **Entrepreneurial Business and Economics Review**, v.5, p.111-133, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15678/EBER.2017.050405>.
- LUSK, J.L.; COBLE, K.H. Risk perceptions, risk preference, and acceptance of risky food. **American Journal of Agricultural Economics**, v.87, p.393-405, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2005.00730.x>.
- MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A. de A.; OLIVEIRA, S.R. de M.; MEIRA, C.A.A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, É.L. (Ed.). **Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Brasília: Embrapa, 2020. 406p.
- MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A. de A. Agro 4.0-rumo à agricultura digital. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, W.T.L. da; VALE, J.M.F. do; PURINI, S.R. de M.; MAGNONI, M. da G.M.; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, E.F.; FIGUEIREDO, W. dos S.; SEBASTIÃO, I. (Org.). **JC na escola ciência, tecnologia e sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil**. 2.ed. São Paulo: Centro Paulo Souza, 2017. p.28-35.
- OECD. Organisation for Economic Cooperation and Development. Eurostat. **Oslo manual 2018: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation**. 4th edition. Paris: OECD; Luxembourg: Eurostat, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.
- OLIVEIRA, A.S.; GOMES, C.F.S.; BARROS, M.D. de; BARCELOS, M.R. dos S.; SANTOS, M. dos. Incubadoras de empresas e indicadores de desempenho: uma análise quantitativa da produção científica dos artigos indexados na base Scopus. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2017, Bauru. **Anais**. Bauru: Engenharia de Produção, 2017. 11p. SIMPEP 2017. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12812.82561>.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v.13, p.343-373, 1984. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0).
- ROSE, D.C.; CHILVERS, J. Agriculture 4.0: broadening responsible innovation in an era of smart farming. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v.2, art.87, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>.
- SCHUMPETER, J.A. **Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1939.
- SCHUMPETER, J.A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.
- SCHWAB, K. The fourth industrial revolution: what it means and how to respond. **World Economic Forum**, 14 jan. 2016.
- VIEIRA FILHO, J.E.R. **Modelagem evolucionária da dinâmica industrial (parte 2): trajetórias tecnológicas, capacidade de absorção e aprendizado**. Brasília: Ipea, 2015. 29p. (Texto para discussão, 2146).

VIOLA, E.; MENDES, V. Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v.25, e02462, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200246r2vu202213ao>.

ZANUZZI, C.M. da S.; SELIG, P.M.; PACHECO, R.C. dos S.; TONIAL, G. Digital transformation and Brazilian agribusiness: an analysis of knowledge management in the sector. In: MATOS, F.; VAIRINHOS, V.; SALAVISA, I.; EDVINSSON, L.; MASSARO, M. (Ed.). **Knowledge, people, and digital transformation: approaches for a sustainable future**. Cham: Springer, 2020. p.85-101. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-40390-4_7.
