

ATIVIDADES DE INOVAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL COMO ESTRATÉGIA DE SUSTENTABILIDADE NO AGRONEGÓCIO

INNOVATION ACTIVITIES IN PRECISION AGRICULTURE IN BRAZIL AS A SUSTAINABILITY STRATEGY IN AGRIBUSINESS

Váldeson Amaro Lima 1
Isabel Cristina dos Santos 2
Marcos Antonio Gaspar 3

Resumo: O desenvolvimento de inovações para promoção da agricultura de precisão tem sido um tema em crescimento em diversos países a partir do lançamento da Agenda 2030 da ONU. O objetivo desta pesquisa foi identificar a estrutura presente nas atividades de inovação em agricultura de precisão brasileira, descrevendo os papéis desempenhados pelos principais atores envolvidos, bem como as suas interações, evidenciando as redes sociais em que se inserem para troca de conhecimentos. Para tanto, foram aplicados roteiro de entrevistas e protocolo de pesquisa documental. Os resultados indicaram que, embora haja interações importantes ocorrendo, estas são restritas a um grupo dominante de organizações de pesquisa e industriais, além da fraca atuação dos órgãos governamentais. Embora tenha sido verificada a existência de um sistema complexo de interações retratado na rede delineada, não se verificou aparato institucional tão específico para se configurar num sistema de inovação robusto e amadurecido.

Palavras-chave: Inovação. Agricultura de Precisão. Sustentabilidade. Agronegócio.

Abstract: The development of innovations to promote precision agriculture has been a growing theme in several countries since the launch of 2030 Agenda of United Nations. The objective of this research is to identify the structure in innovation activities in Brazilian precision agriculture, describing the roles played by the main actors involved, as well as their interactions, evidencing social networks for the exchange of knowledge. To achieve this purpose, an interview script and documentary research protocol were applied. The results indicated that, although there are important interactions taking place, these are restricted to a dominant group of research and industrial organizations, in addition to the weak performance of government agencies. Although it was verified the existence of a complex system of interactions in the network outlined, there was no institutional apparatus so specific to configure itself in a robust and matured system.

Keywords: Innovation. Precision Agriculture. Sustainability. Agribusiness.

Doutor em Administração, professor no PROFNIT / IFRO-Campus Porto Velho Zona Norte. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2186520755838978>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5148-1199>. E-mail: valdeson.lima@ifro.edu.br 1

Doutora em Engenharia, professora no PPGA / USCS. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7000986716832441>. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5505-5234>. E-mail: isa.santos.sjc@gmail.com 2

Doutor em Administração, professor no PPGIGC / Uninove. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2186520755838978>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2422-2455>. E-mail: marcos.antonio@uni9.pro.br 3

Introdução

Desde a aprovação, em 2015, da Resolução 70/1 intitulada *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, ou simplesmente Agenda 2030 - Um plano de ação para as pessoas, o planeta e a prosperidade pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) – acentuaram-se as discussões sobre a necessidade de ação dos governos quanto à uma questão há muito debatida por Thomas Robert Malthus (1766-1834) e pelos teóricos neomalthusianos, ainda que com argumentos questionáveis: a escassez de alimentos.

A Agenda 2030 foi organizada em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que atuam como direcionadores da ação dos países com vistas a alcançar determinado nível de desenvolvimento econômico, social e ambiental. Dentre estes, o ODS 2 destaca a promoção da agricultura sustentável como forma de aumentar a produtividade e a produção de alimentos, manter os ecossistemas e fortalecer a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, possibilitando assim o alcance da segurança alimentar e o combate à fome.

A emergência do tema foi reforçada na edição de 2017 do *Global Innovation Index (GII, 2017)*, documento que fornece métricas detalhadas sobre o desempenho de inovação de 127 países e economias ao redor do mundo. Naquela edição, foi promovido o tema “*innovation feeding the world*”, que se concentrava na inovação na agricultura e nos sistemas alimentares. Para tanto, a publicação enfatizava a inovação como meio fundamental para sustentar o crescimento da produtividade necessário para atender à crescente demanda mundial de alimentos.

No Brasil, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) para o período 2016 a 2022, elaborada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2016), apresentava a disponibilidade de alimentos como um dos tópicos centrais de atuação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) brasileiro.

O setor de alimentos está destacado na ENCTI como um dos temas estratégicos para o desenvolvimento nacional, com o qual o SNCTI possui responsabilidades crescentes quanto ao aumento sustentável de sua produção agrícola. Tal destaque se dá a partir do desenvolvimento e aprimoramento de sistemas produtivos integrados sustentáveis e do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, capazes de gerar aumento de produtividade, ao mesmo tempo em que atuam na melhoria de uso dos recursos naturais aplicados ao processo produtivo, tais como terra, água e energia.

A importância atribuída ao setor é reflexo não apenas da participação crescente do agronegócio no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, mas principalmente da elevada participação do agronegócio brasileiro no mercado global de alimentos, onde responde por 5,7% da fatia de mercado mundial, posicionando-se como terceiro maior exportador, além do crescimento iminente dessa demanda mundial. Com a população mundial prevista para 9,8 bilhões de pessoas em 2050, a produção de alimentos precisaria aumentar em 70% até o mesmo ano para garantir o abastecimento, segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2013).

Diante desse desafio, o documento da ENCTI (2016) aponta para a necessidade de fortalecimento dos processos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em áreas de fronteira do conhecimento associadas à produção de alimentos, como biotecnologia, bioinformática, nanotecnologia, modelagem, simulação e automação. Tal fortalecimento visa o aumento da produtividade, a adaptação à mudança do clima e à defesa agropecuária, de modo tal que o modelo de agricultura de precisão ganha considerável destaque, citado no próprio documento, em função da convergência de tecnologia gerencial, tecnologia de informação e agregação de valor à produção, com minimização de impactos ambientais.

Desse contexto, utilizando-se uma lente analítica derivada da literatura sobre abordagens de inovação a partir da economia evolucionária, conforme apregoado por Nelson e Winter (1982), e comumente utilizada em estudos que discutem dinâmicas de desenvolvimento econômico; a presente pesquisa objetiva identificar a estrutura presente nas atividades de inovação em agricultura de precisão brasileira, descrevendo os papéis desempenhados pelos principais atores envolvidos, bem como as suas interações, evidenciando as redes sociais em que se inserem para troca de conhecimentos.

O pressuposto básico para a aplicação da agricultura de precisão é a ocorrência de va-

riações de produtividade numa área de cultivo (RESENDE *et al.*, 2010), sendo considerada um conceito de gestão agrícola relativamente novo, conforme indicação de Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012) e Adenle, Azadi e Arbiol (2015). Tal conceito é abordado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) como uma “postura gerencial da lavoura que leva em conta a variabilidade espacial para obter retorno econômico e ambiental” (INAMASU; BERNARDI, 2014, p. 25). Esse modelo de gestão agrícola apoia a decisão dos agricultores sobre a alocação espacial de insumos para a produtividade da cultura e, posteriormente, monitora os rendimentos das colheitas (ADENLE; AZADI; ARBIOL, 2015).

Ainda que a agricultura de precisão congregue uma série de técnicas e ferramentas distintas, como sistemas de informações gerenciais, sistemas de posicionamento geográfico e sensoriamento remoto, dentre outras; e que são aplicáveis em diferentes situações de variabilidade produtiva, os estudos mais recentes nesse campo têm assumido a abordagem de modelo gerencial para se referir à sua aplicação (AUBERT; SCHROEDER; GRIMAUDO, 2012; INAMASU; BERNARDI, 2014; ADENE; AZADI; ARBIOL, 2015).

De acordo com Bernardi *et al.* (2014), os esforços de PD&I em agricultura de precisão no Brasil estão estruturados em uma rede, organizada e liderada pela Embrapa, que reúne cerca de 200 pesquisadores, 20 centros de pesquisa da Embrapa, mais de 30 empresas privadas, nove universidades, três fundações e quatro institutos de pesquisa, além de um Laboratório de Referência Nacional em Agricultura de Precisão (Lanapre). Tal aparato opera em quinze campos experimentais de culturas perenes e anuais, distribuídos em todo o território nacional. Denominada Rede Agricultura de Precisão (ou Rede AP), tal configuração sugere a existência de um sistema tecnológico (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991; HEKKERT *et al.*, 2007; HEKKERT *et al.*, 2011) atrelado às atividades de inovação em agricultura de precisão no Brasil.

É sabido que o desenvolvimento de inovações relacionadas a uma tecnologia e sua posterior aplicação dependem de interações estabelecidas entre diversos atores e instituições que, em muitas vezes, extrapolam os limites geográficos e/ou setoriais. Portanto, não devem ser analisadas como restritas a um sistema setorial (SSI), regional (SRI) e/ou nacional de inovação (SNI), apesar de estarem contidas neles (HEKKERT *et al.*, 2007).

Assim, este estudo apropria-se da definição de agricultura de precisão como modelo gerencial, conforme indicado por Inamasu e Bernardi (2014) e defendida pela Embrapa, para delimitar sua análise como tecnologia específica capaz de movimentar uma rede dinâmica de agentes envolvidos na geração, difusão e utilização dessa tecnologia, sob uma infraestrutura institucional particular, à luz do que determinam os pressupostos teóricos sobre sistemas de inovação tecnológica (CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991; WATKINS *et al.*, 2015).

Método

A identificação da estrutura presente nas atividades de inovação em agricultura de precisão do Brasil seguiu a metodologia descrita por HEKKERT *et al.* (2011) para análise de sistemas de inovação tecnológica, a partir de quatro tipos componentes:

Atores, caracterizados pelas organizações que geram, difundem e adotam as novas tecnologias, subdivididas nas categorias: pesquisa (institutos de pesquisa, universidades e pesquisa privada); educação (ensino superior e treinamento profissional); indústria (fornecedores e demandantes); órgãos governamentais (reguladores e formuladores de políticas) e instituições de apoio (associações setoriais, entidades de classe, investidores, bancos);

Instituições, representadas pelas políticas formais que estão em vigor e que afetam o desenvolvimento da tecnologia em foco;

Redes, caracterizada pelas interações e subgrupos de atores na troca de conhecimento e desenvolvimento da inovação e, por fim;

Fatores tecnológicos, caracterizados pelas infraestruturas de inovação em que se integram.

A partir desta estrutura, foi desenvolvido um roteiro de entrevistas para aplicação aos sujeitos respondentes. Foram realizadas onze entrevistas com nove atores de reconhecida importância para o fenômeno em estudo, no formato de entrevista por pautas (GIL, 2008), em

que os entrevistados foram convidados a falar sobre sua experiência de atuação nas atividades de inovação em agricultura de precisão. Os sujeitos respondentes foram direcionados, sempre que oportuno na fala de cada um, para questões norteadoras previstas no roteiro de entrevistas que versavam sobre as trajetórias de desenvolvimento da tecnologia, o sistema de geração e compartilhamento de conhecimentos, a correspondência entre o sistema educacional e as necessidades empresariais e a centralidade do tema na agenda política governamental ou setorial do agronegócio.

Esse direcionamento buscou principalmente a identificação dos atores mais relevantes, as principais instituições e as infraestruturas de inovação em que se integram. A partir da primeira entrevista se definiu o próximo entrevistado por indicação do primeiro, e assim sucessivamente, adotando a técnica ‘bola de neve’ para a construção de um repertório de sujeitos respondentes da pesquisa.

As entrevistas foram realizadas individualmente, de forma presencial ou via Skype, com duração média de aproximadamente 80 minutos. As entrevistas seguiram o mesmo formato e foram gravadas em sistema de áudio, com autorização dos entrevistados. No Quadro 1 é apresentada a relação de nove atores e a posição ocupada pelo entrevistado (ocultada sua identificação), na ordem em que se deram as entrevistas. Não foi possível captar mais respondentes em função da pouca diferenciação nos discursos dos entrevistados, momento em que se definiu pela saturação teórica da execução da pesquisa de campo. O tratamento dos dados coletados se deu mediante a transcrição dos áudios para textos e, em seguida, pela leitura criteriosa do que foi dito pelos entrevistados.

Quadro 1. Relação de atores entrevistados.

ATOR	POSIÇÃO DO ENTREVISTADO
Embrapa Instrumentação	Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento
	Pesquisador / Coordenador da Rede Agricultura de Precisão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	Chefe da Divisão de Agricultura de Precisão / Secretário da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP	Pesquisador / Presidente da Associação Brasileira de Agricultura de Precisão
AgroTecnologia	Proprietário-gestor / Presidente da Associação Brasileira dos Prestadores de Serviços de Agricultura de Precisão
Máquinas Agrícolas Jacto S/A	Diretor de Relações Institucionais / Presidente da Câmara Setorial de Máquinas e Implementos Agrícolas da ABI-MAQ
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer	Pesquisador da área de projetos de softwares aplicados à agricultura
Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR)	Coordenador do Programa Nacional de Agricultura de Precisão do SENAR
Stara S/A Indústria de Implementos Agrícolas	Supervisor de Engenharia de Software
Instituto Brasileiro de Análises (IBRA)	Diretor-presidente

Fonte: Elaboração própria.

Concomitantemente à aplicação das entrevistas, uma pesquisa documental foi executada por meio de protocolo de delineado para tanto. Assim, foram coletados dados em documentos institucionais da Embrapa que davam conta da composição e modelo de atuação da Rede Agricultura de Precisão, além de políticas, normas e procedimentos que dão suporte à atuação em rede, infraestruturas de interação e os papéis que desempenham cada ator envolvido. Foram levantados também dados gerais de propriedade intelectual relacionados à agricultura

de precisão nos portais eletrônicos da World Intellectual Property Organization (WIPO) e do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) no Brasil. Além disso, também foram coletados dados voltados à produção e colaboração científica disponíveis na plataforma Scopus e dados sobre a educação superior na área de Agronomia por meio do portal eletrônico e-Mec, do Ministério da Educação do Brasil, visando assim obter suporte às falas dos entrevistados.

As redes de interações e subgrupos de troca de conhecimentos e desenvolvimento da inovação foram identificadas por meio dos registros sobre as atividades desenvolvidas pelos atores em parceria. Mas também foram acessadas informações em documentos públicos de organizações de apoio, como as fundações estaduais de amparo à pesquisa, fundações setoriais do agronegócio, fundações privadas e órgãos de fomento federais, bem como universidades e empresas públicas e privadas que mantêm registro aberto de projetos desenvolvidos ou em desenvolvimento nos últimos dez anos.

Esse levantamento teve como ponto de partida a Rede Agricultura de Precisão, mas buscou uma visão ampliada das atividades de inovação no campo da agricultura de precisão, sem limitação geográfica ou de atuação dos atores envolvidos. Assim, se intentava identificar parcerias declaradas em projetos de inovação (com membros da rede ou não) ou registros públicos de cooperação firmados entre organizações públicas e privadas que estivessem voltados à inovação em agricultura de precisão. Isto foi feito por meio da verificação de listas de projetos apoiados em cada organização e seus respectivos atores constituintes, delimitados aos projetos que mencionavam explicitamente a agricultura de precisão.

Como próximo passo, elaborou-se uma matriz quadrática alimentada na medida em que uma nova relação era identificada, sendo então codificada como uma variável “*dummy*” (zero para nenhuma relação, um para uma relação existente), que posteriormente foi tratada utilizando-se os *softwares* UCINET (versão 6.618) e NetDraw (versão 2.159). Assim, foi possível aplicar ao estudo os principais indicadores da Análise de Redes Sociais: densidade da rede, proximidade entre atores, intermediação entre atores, reciprocidade de relações e grau de entrada e saída (BORGATTI; EVERETT; FREEMAN, 2002; HANNEMAN; RIDDLE, 2005; BORGATTI; EVERETT; JOHNSON, 2013).

Embora a opção pela coleta em documentos, em vez de se perguntar diretamente aos atores com quais outros atores eles atuam e trocam conhecimento no sentido da inovação, tenha limitado a análise a um número restrito de projetos tornados públicos, essa concentração nos documentos foi importante para manter a discussão mais próxima de uma representação objetiva dos papéis desempenhados na realidade, a partir de registros do que realmente tem acontecido neste campo.

Resultados e Discussões

Atores

A identificação dos principais atores que contribuem para o desenvolvimento da tecnologia corrobora a variedade potencial de organizações relevantes no fenômeno observado nesta pesquisa, cada qual exercendo um papel chave a partir de suas capacidades, que tendem a ser ampliadas na medida em que novos conhecimentos são desenvolvidos.

Não é possível, porém, determinar e nomear a totalidade de atores envolvidos, visto que sua própria organização como um sistema aberto e dinâmico implica na constante entrada e saída de atores à medida que um objetivo é alcançado ou um novo objetivo é definido. Logo, o que se tem a partir da Rede Agricultura de Precisão é um quadro geral dos principais atores e os papéis que desempenham com base em dados do momento atual, conforme indicado no Quadro 2.

Os atores podem ser divididos em categorias de acordo com a natureza de suas atividades, identificadas como pesquisa, educação, indústria e organizações de apoio, mas também podem ser categorizados em função papel que exercem na rede. As universidades, por exemplo, normalmente estão envolvidas com a execução de projetos nas áreas de pesquisa de alunos e professores orientadores de programas de pós-graduação diretamente nos setores produtivos, como a fruticultura na UCS ou grãos na UFLA. Nesta mesma categoria, porém, al-

gumas atuam diretamente no desenvolvimento de ferramentas, como robô agrícola na EESC/USP ou redes de comunicação sem fio entre equipamentos na Poli/USP.

O fato relevante encontrado nesta pesquisa é que essa categoria é a grande responsável pela geração de novos conhecimentos. Esse conhecimento pode ser difundido para a sociedade por meio das próprias organizações ou de organizações de educação, como o SENAR ou a Fundação Agrisus, responsáveis por levar treinamento profissional a consultores, técnicos e produtores. Não obstante, pode-se ainda mencionar ao conhecimento gerado na indústria, na medida em que esta estabelece conexões com a universidade para a execução de projetos iniciados em sua área de P&D.

Quadro 2. Atores e instituições na Rede Agricultura de Precisão.

Políticas e Instituições	
<p>Políticas Públicas (Pesquisa, inovação, transição)</p> <p>Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI/MCTIC); Agenda Estratégica 2014-2030 do setor de Agricultura de Precisão (MAPA); Plano ABC; Política Nacional de ILPF; Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras (Moderfrota); Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (InovAgro); Fundo Setorial CT-Agro.</p>	<p>Instituições (Leis, padrões, normas, éticas, procedimentos, comportamentos)</p> <p>Lei de Inovação (10.973/2004); Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação (13.243/2016); Lei do Bem (11.196/2005); Lei de Informática (8.248/1991); Lei da Propriedade Intelectual (Lei 9.279/1996); Lei de Proteção de Dados Pessoais (13.709/2018); ISO 11783; ISO 1185; ISO 7638; Norma Regulamentadora (NR) 31.</p>

<p>Pesquisa (Institutos de pesquisa, universidades, pesquisa privada)</p> <p>Embrapa; Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE); Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI); Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP); Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP); Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP); Instituto Agrônomo de Campinas (IAC); Escola Politécnica (Poli/USP); Universidade de Caxias do Sul (UCS); Universidade Federal de Lavras (UFLA); Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPEL); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).</p>	<p>Indústria</p>	
<p>Educação (Ensino superior, treinamento profissional)</p> <p>Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR); Fundação Agrisus.</p>	<p>Fornecedores (Fabricantes de máquinas, fornecedores de matérias-primas ou de subsistemas)</p> <p>AGCO; Agrosystem; Auteq; Baldan; CNH Industrial; Máquinas Agrícolas Jacto S/A; John Deere Brasil; Kuhn do Brasil; LOHR Sistemas Eletrônicos; Marchesan-Tatu S/A; Original Indústria Eletrônica; Somafértil; Stara S/A; Verion Agricultura.</p>	<p>Demandantes (Unidades piloto, consultores, cooperativas, usuário final)</p> <p>Cooperativa Agrária Agroindustrial; APagri; Campo Agricultura e Meio Ambiente; Cotrijal Cooperativa Agrária e Industrial; Comigo Cooperativa Agroindustrial; Enalta Inovações Tecnológicas; Florestalle; Citrosuco; SLC Agrícola; Batistella Florestal; Vinícola Miolo; Schio Agropecuária; Terrasul Vinhos Finos.</p>
<p>Organizações de apoio (Bancos, capital de risco, associações setoriais, entidades de classe, empresas de suporte a inovação, fundações de apoio a pesquisa, órgãos governamentais)</p> <p>Association of Equipment Manufacturers (AEM-USA); Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri); Fundação Agrisus; Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE); Confederação Nacional da Agricultura (CNA); Instituto CNA.</p>		

Fonte: Elaboração própria.

A respeito disso, o Brasil aparece na quarta posição mundial em número de publicações científicas sobre a temática da agricultura de precisão na base de dados Scopus, atrás apenas de Estados Unidos, China e Alemanha. O pesquisador José Paulo Molin (ESALQ/USP) é o pesquisador brasileiro mais representativo nesse meio. Dentre as sete organizações de pesquisa que mais produzem conhecimento nessa área no Brasil, cinco compõem a Rede AP, incluindo a Embrapa.

As coautorias nessas publicações evidenciam relações das universidades com a indústria e com a academia internacional. As publicações da Embrapa, por exemplo, possuem coautoria com escolas da Universidade de São Paulo, com empresas como SLC Agrícola e com organizações internacionais como a University of Nebraska (Lincoln, EUA) e o United States Department of Agriculture. Já a ESALQ/USP possui coautorias com a Embrapa, com a Wageningen University and Research Centre (Holanda) e com Máquinas Agrícolas Jacto S/A, entre outras.

Apesar disso, a reação das instituições de ensino técnico, tecnológico e superior tem sido demasiadamente lenta frente as necessidades do setor. Observa-se uma fraca inserção de currículos e métodos de ensino nas faculdades que privilegiem a formação de estudantes e profissionais nas abordagens interdisciplinares subjacentes à agricultura de precisão, o que foi mencionado nas entrevistas como fator desencadeador de um problema crônico de qualificação da mão de obra.

Foi verificada uma amostra aleatória de 65 cursos de graduação em Agronomia, dentre o total de 349 ofertados por instituições de ensino superior públicas e privadas. Tal análise revelou que a agricultura de precisão existe como disciplina em 21 deles, sendo que em onze figuram como disciplina optativa. Além disso, os ementários dessas disciplinas revelam que o foco na variabilidade espacial só existe em sete dos projetos pedagógicos que contemplam a disciplina, sendo que os demais abordam a solução tecnológica e não o problema em si. Do total analisado, 31 cursos não apresentam nenhum conteúdo que mencione ou faça referência à agricultura de precisão.

Os dados do Ministério da Educação revelam ainda que existe apenas um curso superior no país (Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão) voltado exclusivamente para a área de agricultura de precisão, ofertado pela FATEC Pompéia, em São Paulo. Porém, sua matriz curricular foca no segmento de máquinas e tecnologias aplicadas e não na gestão de variabilidade. Além disso, consta nos registros do Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, documento que embasa a oferta de cursos pelas instituições públicas federais, uma solicitação do MAPA para inclusão do Curso Técnico em Agricultura de Precisão, negada pelo Ministério da Educação, indicando a falta de sensibilidade para com o tema na articulação interministerial.

Sobre a indústria é possível estabelecer uma diferenciação nessa categoria entre um grupo com papel demandante de tecnologia e outro com papel fornecedor. Parcela significativa de projetos executados pelas organizações de pesquisa e pela própria indústria fornecedora tem origem nas necessidades da indústria demandante, formada por cooperativas de produtores, consultores e empresas com grande potencial de aplicação da tecnologia que acabam cedendo espaço à experimentação, como são os casos de SLC Agrícola e Batistella Florestal.

Já a indústria fornecedora, composta por grandes corporações de capital estrangeiro e nacional do segmento de máquinas e implementos, é assim chamada por ser a categoria que faz com que os ativos de inovação sejam consolidados em produtos e cheguem até o campo por meio de sua rede de distribuição. Este grupo possui grande capilaridade de investimento próprio em P&D, a exemplo da Stara S/A (que tem 170 dos seus 2100 empregados nessa função) ou da Máquinas Agrícolas Jacto S/A (que destina 5% do seu faturamento para essas atividades), mas mantém na relação com as organizações de pesquisa e com a indústria demandante a base de seus programas de inovação, acessando conhecimento disponível naquelas para a resolução de problemas existentes nestas. Compõem esta categoria também pequenas e médias empresas de tecnologia voltadas a esse segmento, normalmente fornecedores de componentes eletrônicos ou subsistemas a serem implantados nos maquinários, mas também criadores de avanços tecnológicos em novos sistemas e novos componentes a serem utilizados.

Apesar disso, verificou-se serem poucos os registros de patentes envolvendo tecnologias de agricultura de precisão no Brasil. Na base de dados da World Intellectual Property Organization (WIPO) constam 43 patentes com a designação de 'agricultura de precisão' no título

ou no resumo descritivo registradas no país. Já na base do Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI) constam apenas 24 registros com essa designação. Todavia, como a agricultura de precisão é um termo que agrega diversas tecnologias de distintas áreas, pode haver registros de patentes dessas tecnologias sem que se tenha feito menção ao termo. Entre os principais depositantes nas duas bases consultadas constam a indústria de máquinas agrícolas Jacto S/A (8), a FAPEMIG (3), a Unicamp (3) e a Indústria de Implementos Vence Tudo (3).

Todas as categorias têm o suporte de organizações de apoio que financiam seus projetos, como as fundações de amparo a pesquisa, a exemplo da FACEPE e Fundação Agrisus; que estabelecem procedimentos e regulam atividades, como a Association of Equipment Manufacturers (AEM-USA); ou que atuam como extensão de organizações junto a áreas onde estas não possuem muita proximidade, como a Epagri.

Extrapolando esta observação para o setor de uma forma mais abrangente a partir de sua trajetória tecnológica e das entrevistas realizadas, é possível dizer que a indústria assumiu um papel central no desenvolvimento de máquinas agrícolas com potencial eletrônico. Tal posicionamento provocou no decorrer dos anos o esvaziamento do tema na academia e na pesquisa pública e privada de pequenas empresas com vocação tecnológica, atualmente denominadas de 'agrotechs'. Isto porque estas empresas passaram a se voltar aos estudos da variabilidade espacial nas lavouras e para os elementos eletrônicos relacionados à automação, como sensores, softwares, IoT e *big data*, dentre outras frentes, porém associadas a essa grande indústria. Assim, as consultorias em agricultura de precisão se voltaram automaticamente para o georreferenciamento, mapeamento e análise de solo, fazendo o trabalho de campo a partir das tecnologias desenvolvidas. Claro que esta é uma visão geral, já que não existe exclusividade de nenhum dos segmentos de atores em nenhuma das áreas.

Essas organizações atuam sob um aparato institucional não divergente daquele que define a dinâmica das atividades de inovação de modo geral, acrescida de algumas particularidades de padronização específicas aplicadas ao setor. Esta visão microinstitucional foi apresentada pela perspectiva dos atores entrevistados.

Instituições

O aparato institucional composto por políticas e instituições formais que estão em vigor e que afetam o desenvolvimento da tecnologia de agricultura de precisão tratam, no geral, de programas governamentais destinados a induzir o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias à produção agrícola, programas de financiamento, leis gerais que definem regras sobre incentivos fiscais e a participação de empresas e organizações de pesquisa em projetos de inovação e padrões a serem seguidos pelas tecnologias desenvolvidas, apresentadas também no Quadro 2.

Dentre as políticas públicas, as entrevistas destacaram aquelas que facilitam a aquisição da tecnologia pelo usuário final, como o Moderfrota e o InovAgro, que são programas de financiamento para a aquisição de equipamentos como tratores e colheitadeiras e para a incorporação de inovações tecnológicas nas propriedades rurais, respectivamente, e que oferecem boas condições de juros e prazo de pagamento, de acordo com os entrevistados. Essas políticas facilitam a difusão da inovação na medida em que dão condições de longo prazo para sua aquisição por parte dos produtores, visto que os custos de implantação da agricultura de precisão são apontados também pelos entrevistados como um grande entrave para a sua aceitação.

Por outro lado, o desenvolvimento de ativos de inovação encontra respaldo institucional no marco legal da inovação, representado aqui pelo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação, pela Lei de Inovação e pela Lei do Bem que tratam, respectivamente, das normas para o desenvolvimento de projetos de inovação em parceria entre organizações de pesquisa e empresas privadas e das possibilidades de captação de recursos para esses projetos de inovação. Um exemplo disso foi o desenvolvimento do AgriBot, uma plataforma robótica modular e autônoma para aquisição de dados em agricultura de precisão, desenvolvida em parceria entre Embrapa Instrumentação, Escola de Engenharia de São Carlos/USP e Máquinas Agrícolas Jacto, tendo sido financiado pela FINEP por meio do Fundo Setorial CT-Agro.

Os entrevistados relataram ainda que esse respaldo é ratificado por uma legislação tida

como auxiliar àquela pertinente à inovação, que abrange a Lei de Informática, a Lei da Propriedade Intelectual e a mais recente Lei de Proteção de Dados Pessoais; além de procedimentos que definem padrões a serem seguidos para os produtos desenvolvidos, tais como as normas ISO 11783, 1185 e 7638.

No caso destas, a importância de sua observação vai ao encontro de uma demanda há muito existente no setor relativa à interface entre sensores e equipamentos eletrônicos e as máquinas agrícolas com as quais operam, visto que, ainda hoje, muitos destes ativos não são compatíveis entre si. Já a legislação dita auxiliar corrobora também com incentivos fiscais para a inovação tecnológica, mas, principalmente, para a existência de um ambiente juridicamente estável em relação aos direitos de propriedade dos ativos criados e dos dados utilizados nas pesquisas.

Esses ativos de inovação são desenvolvidos visando atender às necessidades do mercado, identificadas a partir dos diferentes atores que dele participam. Porém, alguns programas governamentais criam um ambiente institucional de indução ao desenvolvimento e aplicação dessas novas tecnologias ao unificarem necessidades de determinadas áreas específicas com as quais a agricultura de precisão pode atuar de forma transversal. São os casos, por exemplo, do Plano ABC, voltado para a redução da emissão de carbono na agricultura, e da Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), voltada à difusão da combinação de diferentes sistemas produtivos em uma mesma área como meio de diminuir impactos e elevar os resultados produtivos.

São mencionadas ainda como políticas que influenciam a inovação em agricultura de precisão a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI/MCTIC), na medida em que propõe direcionamentos a serem seguidos no caminho do desenvolvimento de inovações aplicadas à produção agrícola; e a Agenda Estratégica 2014-2030 do setor de Agricultura de Precisão, por estabelecer metas e ações a serem executadas pelo MAPA, para o desenvolvimento e utilização da agricultura de precisão no Brasil.

Todas estas políticas e instituições desempenham um papel importante no desenvolvimento, difusão e implementação da agricultura de precisão ao possibilitar que os diferentes atores interajam uns com os outros em redes que desenvolvem e/ou difundem a tecnologia. No entanto, os entrevistados concordam que faltam políticas mais específicas para o campo da agricultura de precisão, desde aquelas que fomentem o desenvolvimento e difusão da tecnologia, até a articulação entre políticas de educação, economia e/ou trabalho, visando assim o atendimento das necessidades desta área.

Redes

A observação das interações de atores na troca de conhecimentos e desenvolvimento da inovação permitiu a identificação dos atores principais e dos subgrupos formados a partir das relações estabelecidas para essas atividades. Tal delineamento foi possível pela elaboração de uma matriz quadrática codificada como uma variável “dummy” (zero para nenhuma relação, um para uma relação existente), a partir dos registros públicos de parcerias das atividades desenvolvidas por diferentes atores, apresentadas em formato de rede na Figura 2.

Os registros de atividades da Rede AP sugerem uma configuração de rede baseada nos projetos técnicos em que cada ator participa diretamente, com maior densidade e proximidade entre os atores de cada projeto especificamente, formando assim grupos que, apesar de também se comunicarem diretamente uns com os outros, têm a Embrapa como principal ‘ator-ponte’ dessas comunicações.

Além dos grandes grupos visíveis na representação da rede, a análise de indicadores atesta a existência de 15 subgrupos nos quais os atores estão mais próximos e intensamente ligados uns aos outros do que aos demais membros da rede, conforme indicado no Figura 1.

Figura 1. Subgrupos de rede existentes na Rede AP, extraídos do UCINET

- 1: Embrapa Batistella Florestal Agrisus FACEPE FCA-UNESP Florestalle IAC Miolo Schio Terra Sul UCS UFPel UFRGS
- 2: Embrapa Agrária Agrisus CNA COMIGO COTRIJAL Epagri Citrosuco Instituto CNA SENAR
- 3: Embrapa Agrisus ESALQ-USP
- 4: Embrapa Agrisus UFLA
- 5: Embrapa AEM (USA) AGCO Agrosystem Auteq Baldan CNH CTI Renato Archer EESC-USP Enalta ESALQ-USP Jacto John Deere Kuhn Lohr Marchesan-Tatu Original Indústria POLI-USP Stara Verion
- 6: Embrapa AGCO Agrosystem COTRIJAL Stara
- 7: Embrapa AGCO Somafertil
- 8: Embrapa Agrosystem COTRIJAL Citrosuco
- 9: Embrapa APagri Campo SLC Agrícola Somafertil UFLA UFSM Univasf
- 10: Embrapa APagri ESALQ-USP
- 11: Embrapa SLC Agrícola UFPel
- 12: Embrapa COTRIJAL Stara UFSM
- 13: Embrapa Stara UFRGS
- 14: Embrapa SENAR Univasf
- 15: Embrapa FACEPE Univasf

Fonte: Elaboração própria.

O maior subgrupo identificado na rede de atores desenvolvida é o subgrupo 5, composto por 20 dos 47 atores. Todos os demais subgrupos menores compartilham alguma sobreposição (alguns atores são membros de ambos os grupos) com alguma parte do grupo 5, confirmando a importância da Embrapa como o ator principal que está presente em todos os 15 subgrupos identificados. As maiores adjacências à Embrapa identificadas foram: Fundação Agrisus, Cotrijal e Stara, com quem compartilha quatro sobreposições. Isso demonstra certo padrão de funcionamento da rede delineada, cujos subgrupos envolvem sempre organizações de diferentes categorias (pesquisa, indústria e organizações de apoio), privilegiando assim a diversidade de conhecimentos e experiências.

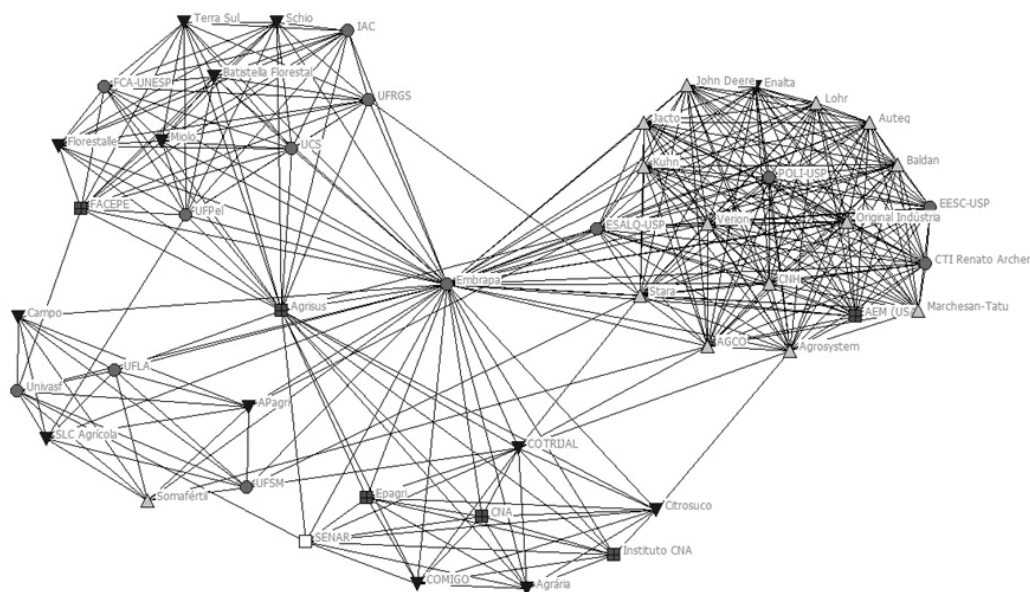
Os dados mostram ainda que nenhum ator está completamente isolado de nenhum dos subgrupos identificados na rede, indicando um alto grau de participação comum nos processos dos grupos. Além disso, é possível observar até que ponto os subgrupos se sobrepõem, o que foi mensurado a partir do número de membros em comum, sendo os subgrupos 5 e 6 mais próximos entre si, enquanto se confirma a existência de três grandes grupos visíveis na rede, sendo o primeiro formado pelos subgrupos 1, 3, 4, e 11; o segundo pelos subgrupos 2, 8, 6, 5, 12 e 13; e o terceiro formado pelos subgrupos 7, 9, 10, 14 e 15.

A intensidade das conexões na rede foi estimada em 30,6%, resultado da divisão entre o número de relações existentes (662) e o total de ligações possíveis (2162), demonstrando a densidade estimada de 0,306 ($p=0,0002$). Ou seja, a probabilidade de que qualquer relação esteja presente entre dois atores aleatórios é de 30,6% de chance, o que pode ser considerado satisfatório para o campo de estudo da inovação na rede analisada, dado o forte papel de ‘ator-ponte’ já identificado para a Embrapa, o que em tese a colocaria como uma ligação quase que obrigatória entre os participantes.

A densidade de uma rede pode variar de zero a um, sendo zero quando não existem laços presentes e um quando todas as organizações têm a tendência de querer distribuir informações diretamente para todos os outros em seu campo. Qualquer dos extremos seria impraticável para os objetivos de geração de inovação e estaria em desacordo com a forma de atuação da rede pela formação de grupos de atores com capacidades complementares em áreas definidas, onde as densidades tendem a ser maiores do que na rede completa, sendo 64,2% no primeiro grupo identificado, 50,4% no segundo grupo e 47,7% no terceiro grupo.

Os dados de centralidade evidenciaram um índice de centralização geral da rede de 38,99%, sendo de 70,88% para as saídas existentes na rede, tendo a Embrapa como principal fornecedora, enquanto as entradas apresentam centralização de 15,35%, tendo Stara, ESALQ/USP, AGCO e Agrisus como principais receptoras. Esses dados evidenciam também certo padrão de funcionamento da rede com alguma equivalência entre os níveis de saída e de entrada em cada ator, exceto para Embrapa, para a qual os níveis de saída são 3,28 vezes maiores que os de entrada. Apesar disso, os graus de proximidade e reciprocidade variam apenas de 0,414 a 0,590 e 0,482 a 0,728, respectivamente, indicando que todos os atores se encontram relativamente bem posicionados na rede delineada.

Figura 2. Configuração “Spring-embedding” das trocas existentes na Rede AP.



Legenda: ▲ Indústria fornecedora; ▼ Indústria demandante; ● Pesquisa; □ Educação; ■ Organizações de apoio.

Fonte: Elaboração própria.

Apesar das ligações evidentes, é perceptível certo distanciamento entre os atores que compõem a categoria da indústria fornecedora e os que compõem a indústria demandante, com existência de maior proximidade entre esses dois grupos e as organizações de pesquisa. Tal indicação sinaliza uma ligação mais forte entre indústria e universidade, que por vezes age como ponte entre demandantes e fornecedores, principalmente nos casos da Embrapa, UFRGS, UFPEL, ESALQ/USP e UFSM.

Fatores Tecnológicos

Os fatores tecnológicos, apontados em unanimidade pelos entrevistados como sendo as principais infraestruturas em que os esforços de desenvolvimento da inovação em agricultura de precisão se integram, versam principalmente sobre as redes em que estão inseridos os atores mais relevantes, os eventos técnicos específicos da área e as reuniões setoriais, a exemplo daquelas realizadas pelas associações da área e pela Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, onde discutem experiências e caminhos a serem seguidos.

Além da Rede Agricultura de Precisão, cujo funcionamento já foi detalhado, outras infraestruturas contribuem sobremaneira para essa integralização de esforços, ainda que muitas das organizações que as compõem não tenham aparecido nas redes elaboradas até aqui. São exemplos, além do já citado Projeto Aquarius, o Centro de Inovação no Agronegócio (CIAG), mantido pela Fundação Shunji Nishimiura; o Centro de Expertise em Agricultura Tropical (CEAT), mantido pela Bayer; o AgTech Garage, hub de inovação que conecta grandes empresas e startups da área, ligado a ESALQ/USP e a iniciativa AgTechValley – Vale do Piracicaba; dentre outras iniciativas que visam unificar esforços para o avanço da tecnologia.

Entre os eventos técnicos da área, o Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, realizado a cada dois anos, é citado como a principal infraestrutura de integração entre organizações de pesquisa e indústria (fornecedora e demandante). A última edição do congresso, realizada em outubro de 2018 em Curitiba, reuniu cerca de 800 participantes entre pesquisadores, profissionais de assistência técnica, consultores, professores, estudantes, empresas e produtores rurais. O evento contemplou a realização de diferentes palestras, plenárias sobre desafios da área no Brasil, painéis setoriais sobre a atuação de cada categoria de atores, apresentação de trabalhos científicos e espaço para exposição de produtos e serviços. Esse ambiente, segundo alguns participantes, cria um cenário propício para a aproximação entre profissionais e

usuários que trabalham com Agricultura de Precisão no Brasil e no mundo, ensejando, muitas vezes, parcerias concretizadas em projetos de PD&I desenvolvidos conjuntamente.

Tais infraestruturas ou fatores tecnológicos fecham o quadro de análise da estrutura das atividades de inovação em agricultura de precisão brasileira, em que se buscou verificar os papéis desempenhados pelos principais atores identificados (ESALQ/USP e Embrapa). Estas organizações de pesquisa são indutoras do desenvolvimento de tecnologias, e John Deere, AGCO, Jacto e Stara como organizações industriais com forte capital de investimento para avanços no setor, refletindo numa estrutura centralizada, com interações restritas a um grupo dominante, mantendo à margem do processo de desenvolvimento da tecnologia o seu usuário final.

Conclusões

Em princípio, o quadro teórico de sistemas de inovação, como visto em Watkins *et al.* (2015), considera a ação coletiva de governos, universidades, atividades empresariais, organizações intermediárias, instituições financeiras e sociedade civil, sob um determinado aparato institucional, como preponderante para a geração e difusão de uma inovação em uma economia nacional.

No entanto, apesar do crescimento econômico verificado em torno do agronegócio e mesmo dos resultados da aplicação da agricultura de precisão, os dados das redes identificadas mostram que, embora haja interações importantes ocorrendo, estas são restritas a um grupo dominante de organizações de pesquisa e industriais. Assim vislumbra-se necessário alguma cautela e reflexão quanto à capacidade desse sistema em gerar desenvolvimento econômico endógeno, para além de crescimento econômico localizado, conforme defendido pelos teóricos da economia evolucionária Nelson e Winter (1982).

Parte desta cautela se deve à fraca atuação dos órgãos governamentais na orientação estratégica de pesquisa e consecução de políticas que favoreçam o desenvolvimento da tecnologia, o que tem sido um fator processual absolutamente negativo para o sistema. Isto porque caberia ao Estado, por exemplo, a adequação do sistema de educação para as necessidades do setor, de acordo com o National Research Council (NRC, 1997), o que, como visto nesta pesquisa, não tem sido feito, gerando assim incertezas sobre o real interesse do governo em fomentar a tecnologia como definido na ENCTI (MCTIC, 2016) e contribuindo para o agravamento de falhas já existentes no sistema brasileiro.

Além disso, o conceito de sistema de inovação tecnológica defendido por Carlsson e Stankiewicz (1991) pressupõe uma infraestrutura institucional particular sobre uma rede dinâmica de agentes interagindo nas áreas econômica e industrial, o que não pode ser afirmado a partir dos resultados auferidos neste estudo. Embora tenha sido verificada a existência de um sistema complexo de interações retratado em rede, ainda que explorado sem grandes detalhes neste estudo, não se verifica um aparato institucional tão específico quanto demandaria essas atividades para se configurar num sistema robusto. Embora os atores e a infraestrutura existentes componham os elementos necessários para essa caracterização, as políticas e instituições que atuam sobre tais atividades são por demais abrangentes do ambiente de inovação brasileiro.

Tudo isso demonstra que existe uma dissonância entre estrutura e processos em relação às atividades de inovação em agricultura de precisão. Isso porque embora existam atores relevantes e bem posicionados em um ambiente sistêmico já em atuação, o funcionamento das atividades tem estado aquém do esperado para o setor. Tal situação poderá gerar efeitos negativos de enfraquecimento sobre a agenda proposta em direção ao alcance do ODS 2 da Agenda 2030, especialmente no que se refere à meta de garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que contribuam para aumentar a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.

Este trabalho contribui para a Academia por explicitar a rede de elementos envolvida na inovação em prol da agricultura de precisão no país, notadamente por meio da indicação dos

principais atores e papéis desempenhados, bem como pelo delineamento de suas interações e trocas de conhecimentos. Em complemento, os achados expostos neste trabalho também são especialmente úteis dos gestores das diferentes organizações identificadas na rede social elaborada, sejam eles públicos ou privados.

As limitações da pesquisa referem-se à quantidade e diversidade dos sujeitos respondentes à pesquisa de campo, não obstante a saturação teórica identificada no decorrer das entrevistas efetuadas. Assim, como sugestão de pesquisas futuras recomenda-se a possibilidade de reunião desses atores de modo a provocar discussão desses especialistas quanto a soluções para os problemas e fragilidades identificados pela rede estabelecida neste trabalho.

Referências

ADENLE, A. A.; AZADI, H.; ARBIOL. **Global assessment of technological innovation for climate change adaptation and mitigation in developing world**. *Journal of Environmental Management*, v. 161, p. 261-275, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.05.040>.

AUBERT, B. A.; SCHROEDER, A.; GRIMAUDDO.. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. **Decision Support Systems**, v. 54, n. 1, p. 510-520, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>

BERNARDI, A. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014.

BORGATTI, S. P. **Netdraw network visualization. Analytic technologies**. Cambridge: Harvard, 2002.

BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; JOHNSON, J. C. **Analyzing social network**. New York: Sage, 2013.

CARLSSON, B.; STANKIEWICZ. On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 1, n. 2, p. 93-118, 1991.

FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations. **How to feed the world in 2050**. New York: ONU, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GRI - Global Innovation Index. **Innovation feeding the world**. Cornell University, Insead & Wipo, 2017.

HANNEMAN, R. A.; RIDDLE, M. **Introduction to social network methods**. Riverside: University of California, 2005.

HEKKERT, M. P.; NEGRO S. O.; HEIMERIKS, G.; HARMSSEN, R. **Technological innovation system analysis: a manual for analysts**. Utrecht: Utrecht University, 2011.

HEKKERT, M. P.; SUURS, R. A.; NEGRO, S. O.; KUHLMANN, S.; SMITS, R. E. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 74, n. 4, p. 413-432, 2007.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. Agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014, p. 21-33).

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações. **Estratégia nacional de**

ciência, tecnologia e inovação - ENCTI 2016-2022. Brasília: MCTIC, 2016.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Harvard University, 1982.

NRC - National Research Council. **Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management**. Washington: The National Academies, 1997.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. New York: ONU General Assembly, 2015. Acesso em: 3 de Maio de 2017. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org>.

RESENDE, A. V. Agricultura de precisão no Brasil: avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, XVIII, Teresina, 2010. Anais... 2010.

WATKINS, A.; PAPAIOANNOU, T.; MUGWAGWA, J.; KALE, D. National innovation systems and the intermediary role of industry associations in building institutional capacities for innovation in developing countries: A critical review of the literature. **Research Policy**, v. 44, n. 8, p. 1407-1418, 2015.

Recebido em 23 de março de 2020
Aceito em 25 de junho de 2021