

INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL NA AGROPECUÁRIA

Bruno César Góes | Fernando Ferrari Putti
Adriano Bortolotti da Silva
organizadores



Bruno César Góes
Fernando Ferrari Putti
Adriano Bortolotti da Silva
Organizadores

Inovação sustentável na agropecuária



Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome	Instituição
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos	OAB/PB
Profa. Msc. Adriana Flávia Neu	Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois	UO (Cuba)
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior	IF SUDESTE MG
Profa. Msc. Aris Verdecia Peña	Facultad de Medicina (Cuba)
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia	ISCM (Cuba)
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva	UFESSPA
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo	UEA
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu	UNEMAT
Prof. Dr. Carlos Nick	UFV
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia	AJES
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos	UFGD
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva	UEMS
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos	IFPA
Prof. Msc. David Chacon Alvarez	UNICENTRO
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira	IFMT
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira	UFMG
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão	URCA
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves	ISEPAM-FAETEC
Prof. Me. Ernane Rosa Martins	IFG
Prof. Dr. Fábio Steiner	UEMS
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza	UFF
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez	(Colômbia)
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles	UNAM (Peru)
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira	IFRR
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto	UCG (México)
Prof. Msc. João Camilo Sevilla	Mun. Rio de Janeiro
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales	UNMSM (Peru)
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski	UFMT
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira	Mun. de Chap. do Sul
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela	IFPR
Prof. Dr. Leandris Argenteal-Martínez	Tec-NM (México)
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan	Consultório em Santa Maria
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann	UFJF
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior	UEG
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos	FAQ
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla	UNAM (Peru)
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira	SEDUC/PA
Profa. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes	IFB
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira	IFPA
Profa. Dra. Patrícia Maurer	UNIPAMPA
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva	IFB
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty	UO (Cuba)
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke	UFMS
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva	UFPI
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo	UEMA
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos	IFB
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca	UFPI
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira	FURG
Profa. Dra. Yilan Fung Boix	UO (Cuba)
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme	UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
I58	Inovação sustentável na agropecuária [livro eletrônico] / Organizadores Bruno César Góes, Fernando Ferrari Putti, Adriano Bortolotti da Silva. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2021. 101p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-88319-98-7 DOI https://doi.org/10.46420/9786588319987 1. Agricultura. 2. Agronegócio. 3. Inovações tecnológicas. I. Góes, Bruno César. II. Putti, Fernando Ferrari. III. Silva, Adriano Bortolotti da. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	



Pantanal Editora

Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

Sabemos que a atividade agropecuária deve ser renovada constantemente em todos os seus processos de produção. Inovar, além de necessário, faz parte do DNA dos produtores rurais e de todos os agentes envolvidos na criação de animais e produção de fibras e alimentos.

Atualmente, as inovações percebidas no campo buscam alinhar-se às exigências globais por modelos produtivos menos agressivos e mais sustentáveis ao ambiente. Nesse cenário, os impactos econômicos proporcionado pelas inserções de inovação e de novas tecnologias no agronegócio brasileiro promovem, entre outros, o aumento e a eficiência na utilização dos recursos naturais disponíveis. Consequentemente, o desenvolvimento econômico e sustentável de uma região.

A inovação ocorre em produtos, processos, modelo de negócio e marketing. Entretanto, em relação à legislação brasileira no aspecto da inovação, há um gargalo quanto a implementação eficaz de políticas públicas e legislação adequada e este tema. Mesmo assim, novas tecnologias somam-se ao agronegócio e as propriedades rurais estão se tornando cada vez mais conectadas ao digital, acompanhando os avanços da atualidade e absorvendo os conceitos de internet das coisas (IoT) e gerenciamento de grande quantidade de informação (Big Data), por exemplo.

A agricultura 4.0 é uma realidade e se consolidou no campo, informação em tempo real que auxilia na tomada de decisão com reflexo na melhoria da qualidade e produtividade de forma mais eficiente e sustentável. Ressalte-se que a inovação não se resume a utilização de novos softwares e equipamentos, novos métodos produtivos também o são. Práticas de integração lavoura-pecuária-floresta, incorporação de práticas conservacionistas e utilização de biodigestores, por exemplo, trazem soluções sustentáveis à atividade agropecuária e soluções adequadas ao tratamento de resíduo e ao uso e conservação de recursos naturais.

Todos estes assuntos e as nuances das diversas inovações sustentáveis na agricultura estão cuidadosamente detalhados e distribuídos em oito capítulos deste livro.

Prof. Dr. Josué Ferreira Silva Júnior
Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

SUMÁRIO

Apresentação	4
Capítulo I.....	6
Impactos econômicos das inovações tecnológicas no agronegócio brasileiro	6
Capítulo II	15
Aspectos jurídicos da inovação	15
Capítulo III.....	30
Tecnologia digital na agricultura	30
Capítulo IV	41
Principais conceitos da agricultura 4.0	41
Capítulo V.....	52
Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta	52
Capítulo VI	66
Agricultura conservacionista: conceitos e principais desafios	66
Capítulo VII.....	75
Utilização de biodigestores no tratamento de dejetos e efluentes da suinocultura	75
Capítulo VIII	89
Irrigação de precisão 4.0	89
Índice Remissivo	99
Sobre os organizadores.....	101

Impactos econômicos das inovações tecnológicas no agronegócio brasileiro

 10.46420/9786588319987cap1

Érika Loureiro Borba^{1*} 
Ana Maria Santana do Amaral² 

INTRODUÇÃO

A economia tem presença marcante na estrutura de uma país, pois é por meio de suas bases que se estabelecem as regras fundamentais que sustentam o funcionamento do mercado e, por consequência, impactam no dia a dia das empresas e dos cidadãos.

Sendo assim, cada Estado precisa estimular, induzir e criar mecanismos que sejam capazes de promover o crescimento econômico. Alguns fatores são considerados como essenciais para que uma economia caminhe para seu amadurecimento como, por exemplo, aumento da mão de obra qualificada e promoção do desenvolvimento tecnológico.

Esse desenvolvimento perpassa necessariamente pelo incentivo à inovação em todos os setores econômicos, contribuindo para que a produção seja mais competitiva e os recursos sejam bem utilizados. Tal análise é ainda mais importante quando se considera o cenário desafiador que o mundo enfrenta, que é justamente a escassez de recursos.

O cenário econômico que emerge dessa situação tem exigido que a produção, em seus vários níveis e setores, seja mais eficiente e sustentável, fazendo a inovação uma grande aliada na construção de novos modelos de operações que abarquem esses novos paradigmas.

Desta forma, este capítulo foi desenvolvido visando responder à seguinte questão: como a inovação tecnológica impacta economicamente o setor do agronegócio brasileiro?

No Brasil, o setor do agronegócio é reconhecido mundialmente pelo afinho na busca por inovações que contribuam para a modernização da atividade agrícola e que resultem em maior produtividade.

Esse estudo ganha relevância pelo fato de que tanto a globalização quanto o aumento da demanda movimentaram o setor em direção à busca por novas tecnologias e novos produtos, cuja produção utilize a menor quantidade possível de recursos, além de produzir menos resíduos advindos do processo produtivo (Gasques, 2010).

¹ Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Departamento de Administração, Alfenas, MG

² Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Departamento de Ciências Contábeis, Alfenas, MG

*Autor(a) Correspondente: erikaloureiro.borba@gmail.com

Desta forma, tem-se como objetivo geral: analisar aos impactos econômicos oriundos da utilização de inovações tecnológicas no agronegócio brasileiro. E como objetivos específicos: i) relacionar como as inovações tecnológicas impactam no desenvolvimento econômico do país; ii) analisar o cenário de fomento das inovações tecnológicas voltado para a melhoria do setor do agronegócio.

Esse capítulo se subdivide em tópicos que contemplam as dualidades: economia e inovação; e inovação e agronegócio.

MATERIAL E MÉTODOS

Para contemplar os objetivos propostos optou-se pelo embasamento metodológico advindo da pesquisa qualitativa, que se pauta pelo estudo da realidade pela análise de dados subjetivos, opiniões, fenômenos etc.

Desta forma, Minayo (2009) considera que se trata de uma investigação que:

“responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

A pesquisa qualitativa tem como características o ambiente natural como fonte direta de dados que são, em sua maioria, descritivos, e a postura do pesquisador como instrumento-chave na tradução dos significados que os indivíduos dão às situações abordadas (Bogdan; Biklen *apud* Triviños, 2015).

Para o levantamento e análise dos dados utilizou-se a pesquisa bibliográfica que, de acordo com Gil (2017), permite o estudo de uma gama de fenômenos contribuindo para o aprofundamento teórico sobre o tema em questão.

DAS RELAÇÕES ENTRE ECONOMIA E INOVAÇÃO

Partindo-se de um panorama geral é possível dizer que a Economia objetiva estudar e propor novas formas de administrar os recursos, que são escassos, com a finalidade de produzir bens e serviços e disponibilizá-los à sociedade (Mankiw, 2019).

Dentro do rol de enfoques e itens analisados pela Economia destaca-se o crescimento e o desenvolvimento econômico. O primeiro envolve a avaliação do crescimento contínuo da renda per capita ao longo de um período. Já o segundo buscar compreender os impactos das alterações nos produtos e na alocação dos recursos nos vários setores da economia, avaliando se tais alterações contribuíram para a melhoria da qualidade de vida das pessoas (Vasconcellos et al., 2014).

Assim, ao falar em inovação deve-se considerar seu impacto tanto no crescimento, porque aumenta a eficiência em relação ao uso dos recursos, quanto no desenvolvimento econômico, ao contribuir para o crescimento autossustentável do Estado. De acordo com Schumpeter (1988), a inovação

corresponde a um processo que se inicia a partir de uma ideia que vai se desenvolvendo até alcançar o mercado, modificando a economia.

As inovações dependem diretamente da capacidade das organizações, públicas e privadas, de conseguirem produzir soluções criativas que sejam capazes de atender as demandas dos consumidores (Garcia, 2007).

De acordo com Freeman (1995), se baseando na Teoria do Desenvolvimento Econômico, a inovação corresponde a uma medida importante de crescimento produtivo, pois considera que o desenvolvimento econômico de um país deve passar pela acumulação de capital e progresso técnico para levar a um aumento de produtividade e dos salários, impactando assim positivamente na melhoria da qualidade de vida.

Quando um país passa a contar com especialistas técnicos capazes de gerar conhecimento e inovações, a pesquisa e o desenvolvimento se tornam essenciais nesse processo. Sendo assim, a interação entre agentes diversos como, por exemplo, universidades, laboratórios e institutos de pesquisa, governo e sistemas financeiros devem desenvolver ações de forma articulada para permitir o financiamento e o crescimento do processo inovativo (Pontes et al., 2019).

A gestão da inovação, no que diz respeito às suas questões operacionais, ainda é um campo em construção, possuindo vários modelos de avaliação de desempenho e formas de gerenciamento (Dobni et al., 2015). Existem pesquisas, como a de Bas et al. (2015), que buscam especificamente mostrar qual é o impacto da utilização do recurso inovação nos resultados de uma organização.

É preciso considerar, neste cenário, que fatores externos, como o setor produtivo e o sistema regional no qual ele está inserido, a uma organização influenciam diretamente no grau do desenvolvimento e na escolha das estratégias de inovação.

Desta forma, Hage (1999) ressalta que o conceito de inovação está associado à implementação de novas ideias e conhecimentos que resultam na diminuição dos gargalos existentes nos processos, serviços e procedimentos das organizações. Por isso, Marques et al (2014) asseveram que a capacidade de inovar se mostra como um fator chave para que as empresas sejam eficientes na consecução de novas estratégias e modelos de operações.

Conforme descrito no manual de Oslo (2013) as inovações tecnológicas em produtos e processos “compreendem as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos e substanciais melhorias tecnológicas em produtos e processos”. Assim, a inovação de produto envolve a criação ou o aprimoramento de um produto. E a inovação de processo engloba o incremento de novos métodos de produção ou melhoramento dos métodos já existentes.

A inovação tecnológica, segundo Schumpeter (1988), é essencial para o desenvolvimento econômico e pode ser introduzida por meio da implementação de novas técnicas ou novas combinações de recursos já existentes. Santos et al (2014) dizem que o progresso tecnológico é o motor do crescimento

econômico, por ser capaz de contribuir para o aumento da produtividade devido ao aumento do nível de tecnologia disponível.

A inovação é introduzida por uma empresa e/ou entidade, passando a ser utilizada por outras instituições pares. A difusão transcende a transferência ou a aquisição de tecnologia, tais como licenças, maquinarias, equipamentos, etc. e a assimilação dessas. Trata-se de um processo lento que acompanha uma série de inovações incrementais ou menores a fim de: ajustar a tecnologia às condições particulares de uso; ampliar a gama de aplicações; melhorar a qualidade do produto ou torná-lo mais atrativo a seus usuários; incrementar a eficiência e reduzir os custos dos processos de produção e distribuição (Seidler et al., 2016).

Neste sentido, percebe-se o caráter dinâmico da inovação cujo aprimoramento contínuo, segundo Saenz et al (2002) acontece em diferentes etapas a partir de ciclos de retroalimentação dos processos, interações e modificações para atender as necessidades das empresas porventura ainda não satisfeitas pelas tecnologias existentes.

Levando-se em consideração uma visão da Economia, ressalta-se a importância do processo de difusão das inovações, com objetivos comerciais ou não, para alcancem todo o território nacional, impactando no crescimento econômicos de todas as regiões de país.

A inovação não surge de forma eventual em uma sociedade. Para que sua aplicação resulta em melhorias econômicas e sociais é preciso contar com uma boa gestão da organização e com políticas públicas de fomento. Quando essas medidas estão alinhadas tem-se um ambiente propício para o surgimento de inovações, cujo melhor resultado seria o surgimento de um Sistema de Inovação (Pontes et al., 2019).

Para isso, segundo Pontes et al. (2019), é essencial a criação de uma rede de colaboração entre as organizações públicas e privadas atuantes no sistema econômico, dispostas a colaborar na criação e difusão de conhecimentos e tecnologias, cujo resultado favoreça tanto o setor social quanto a economia.

Há de se considerar ainda as diferenças e desigualdades que existem entre as regiões do país no que diz respeito ao desenvolvimento tecnológico e social, situação que requer uma atuação dos agentes para fomentarem investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) de forma que não fique concentrado em apenas uma região.

A tecnologia pressupõe a inter-relação entre energia, conhecimentos e informação (Castells, 2002) que são decorrentes das mudanças organizacionais. Essas mudanças são impulsionadas pelo crescimento do mercado, por isso, Fagerberg et al. (2013) ressaltam que a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos devem receber investimentos das empresas que queiram ter uma posição mais competitiva no mercado.

Na perspectiva de Fossas-Olalla et al. (2015), são as inovações que têm proporcionado maior abertura no mercado, contribuindo para que as organizações tenham mais visibilidade.

São as mudanças que ocorrem no cenário econômico e social que, de acordo com Morschel et al. (2013), influenciam na forma como as organizações se posicionam em relação à busca e implementação

das inovações, para que elas se mantenham ativas no mercado. E no setor do agronegócio isso não é diferente.

Conforme análise de Carvalho et al. (2006), cada setor da economia conta com uma gama de inovações que lhes são particulares, no caso do agronegócio estas inovações partem, em sua maioria, de fontes privadas que atuam na agroindústria.

O CENÁRIO DA INOVAÇÃO NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

No Brasil, o agronegócio enfrenta o desafio de se desenvolver de forma competitiva e sustentável, para atender os mercados interno e externo, por meio da execução de estratégias viáveis capazes de manter os preços atrativos e a qualidade do produto.

Há de se dizer que o país é reconhecido como uma potência no setor do agronegócio, o que só foi possível devido ao investimento em estruturas diferenciadas que resultarem em maior qualidade da matéria-prima e rentabilidade dos negócios (Santos et al., 2014).

Os investimentos em P&D ao longo do tempo, o amadurecimento tecnológico e gerencial dos produtores, a consolidação da agroindústria – que se desenvolveu no ambiente de uma economia fechada e protegida – e as políticas setoriais mais consistentes com a racionalidade de mercado começam a dar resultados. De fato, nos últimos anos, o agronegócio brasileiro vem se destacando pelo dinamismo e expansão no mercado mundial, como também pelo papel estratégico que tem desempenhado para a economia brasileira (sobretudo no âmbito das cidades médias brasileiras) (Vieira Filho et al., 2013).

No que concerne à captação de recursos para investimento em tecnologia e inovação, o setor tem encontrado limitações. Outro fator que merece destaque, segundo Buainain et al. (2014) são as características particulares do setor como, por exemplo, perecibilidade, heterogeneidade e sazonalidade, desta forma, é fundamental a propositura de ações específicas para o setor.

O agronegócio tem grande representatividade na economia do Brasil e está em constante evolução. Para viabilizar o aumento da produtividade o setor tem buscado otimizar seus processos e produtos por meio da inovação tecnológica e novos modelos gerenciais (Nantes et al., 2001).

O surgimento de novos produtos é importante para o crescimento do agronegócio. Segundo Porter (1990), as organizações competem por diferenciação e baixo custo, ou seja, produtos de maior valor agregado são impactados pela competição por diferenciação, enquanto os produtos de menor valor agregado pautam a competitividade na manutenção do baixo custo para obtenção de mais lucro.

Nessas duas situações, fica evidente que os produtores que buscam novas combinações para aumentar sua produção, utilizando da inovação, têm maior vantagem competitiva frente aos demais (Cruz, 2012).

Por isso, ressalta-se a importância dos subsídios direcionados ao setor como elemento capaz de contribuir para a modernização e o crescimento geral da atividade agrícola. O subsídio corresponde a um valor monetário concedido pelo Estado ou outra organização com o objetivo de beneficiar um setor ou setores específicos da economia com base na defesa do interesse público.

É preciso pensar em estratégias que contemplem o desenvolvimento heterogêneo do agronegócio, especialmente em relação aos pequenos produtores, a fim de evitar exclusões sociais derivadas da industrialização da agricultura (Blesh, 2014).

Questões ambientais e sociais, características da sociedade contemporânea, também são preocupações que precisam ser consideradas quando se fala em desenvolvimento do agronegócio. Assim, deve-se estabelecer ações que gerem resultados positivos no combate às desigualdades econômicas e na aplicação de práticas de menor impacto ambiental (Vieira et al., 2012).

Quando se pensa na inserção do agronegócio brasileiro na cadeia global de produção, é preciso considerar a relevância das certificações internacionais que, de acordo com Bitzer et al. (2013), favorecem a cooperação entre parceiros para a evolução da inovação dos processos agroindustriais.

Quanto ao sistema interno de inovação das organizações, Friederichsen et al. (2013), estabelecem ser fundamental que as ações considerem as particularidades da região em que a organização está inserida; o reconhecimento de qual é a demanda real que deve ser atendida; o fomento de redes de compartilhamento de ideias e conhecimento; e boa gestão e acompanhamento dos processos de inovação.

Já Weick (2001) elencou os principais pontos que as inovações do agronegócio devem atender, são eles: tecnologia de equipamentos e controle de herbicidas e pesticidas, controle ambiental das práticas agrícolas, ações de marketing e logística e, por fim, tecnologias para produção e processamento animal.

Outra forma de desenvolvimento das inovações no agronegócio está no trabalho conjunto entre ciência e mercado.

Todavia, apesar dos vários esforços institucionais e regulatórios criados pelo Brasil ao longo do tempo para promover o desenvolvimento tecnológico, é preciso ainda diminuir a lacuna existente entre o conhecimento gerado no país e a fronteira tecnológica de produção existente nos mercados mais avançados, uma vez que ainda persiste forte desconexão entre ciência e mercado (Vieira Filho et al., 2013).

Quanto maior for esta proximidade entre a produção acadêmica e o mercado, maior será o impacto do agronegócio nos resultados econômicos do país. Nessa esteira, destaca-se o trabalho feito pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária – EMBRAPA em ações de P&D e inovação, difundindo o conhecimento no mercado.

Na visão de Santini (2006), existem fatores específicos que são capazes de impulsionar o processo de inovação nas organizações e que servem grandemente para a análise do setor do agronegócio. São eles: i) os objetivos a serem alcançados de acordo com o posicionamento do mercado; ii) os custos, objetivos e metas de ampliação do negócio; iii) a qualidade do produto e as condições de trabalho; e iv) a redução dos impactos ambientais e exploração de oportunidades de negócio.

Desta forma, o que se percebe é que o setor do agronegócio brasileiro, com a utilização das inovações tecnológicas, se desenvolveu de maneira vertiginosa. Para a continuação dessa expansão do mercado e do aumento da produção como um todo é preciso que estas tecnologias sejam cada vez mais

acessíveis aos produtores de todas as regiões, e que haja maior interação entre o mercado e academia para identificação de questões que precisam de atenção e uma construção conjunta de possíveis formas de superação por meio de ações eficientes e sustentáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito dessa investigação foi de promover a análise dos impactos econômicos que o desenvolvimento e a implementação das inovações tecnológicas são capazes de gerar no setor do agronegócio no Brasil.

Verificou-se que tais impactos são consideráveis uma vez que o Brasil só alcançou um patamar de reconhecimento mundial neste setor devido à qualidade dos produtos e dos processos que são ofertados o que, na maioria das vezes, só se tornou possível a partir das inovações tecnológicas.

De forma geral, as inovações tecnológicas são relevantes para o crescimento e o desenvolvimento econômico de um país, porque refletem em ganhos de produtividade, bom uso dos recursos escassos e permitem o exercício das atividades de forma mais sustentável. Todos esses méritos no uso das inovações podem aparecer em qualquer um dos setores econômicos que direcione suas ações para o fomento da atividade inovativa. E, como resultado geral, pode-se pensar em ganhos de qualidade de vida para toda a sociedade.

Por fim, destaca-se que, mesmo no campo do agronegócio, as inovações tecnológicas precisam de subsídios e parcerias para que alcance todas as regiões brasileiras, contemplando tanto os pequenos quanto os grandes produtores, cujo resultado seria uma representatividade do Brasil ainda melhor no cenário global do agronegócio, contribuindo para o aumento da produtividade nacional como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bas CL et al. (2015). The differentiated impacts of organizational innovation practices on technological innovation persistence. *European Journal of Innovation Management*, 18 (1): 110-127.
- Bitzer V et al. (2013). Exploring the potential of intersectoral partnerships to improve the position of farmers in global agrifood chains: findings from the coffee sector in Peru. *Agriculture and Human Values*, 30 (1): 5-20.
- Blesh J, Wolf SA (2014). Transitions to agroecological farming systems in the Mississippi River Basin: toward an integrated socioecological analysis. *Agriculture and Human Values*, 31 (4): 621-635.
- Buainain AM et al. (2014). O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília, DF: Embrapa.
- Carvalho SMP et al. (2006). Propriedade Intelectual e Dinâmica de Inovação na Agricultura. *Revista Brasileira de Inovação, Ararangua*, 2 (5): 315-340.
- Castells M (2002). A sociedade em rede. São Paulo: Paz e Terra.

- CNA (2021). Impulsionado por ramo agrícola, PIB do agronegócio cresce 5,35% no 1º trimestre de 2021. Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/boletins/impulsionado-por-ramo-agricola-pib-do-agronegocio-cresce-5-35-no-1o-trimestre-de-2021>> Acesso em: 20/08/2021.
- Cruz CML et al. (2012). Qualificação do processo de desenvolvimento de produtos: estudo de caso em uma indústria de implementos agrícolas. *Teoria e Evidência Econômica*, 18 (39): 304-322.
- Dobni CB et al. (2015). Innovation strategy in the US: top executives offer their views. *Journal of Business Strategy*, 36(1): 3-13.
- Fagerberg J et al. (2013). *Innovation studies: evolution and future challenges*. Oxford University Press.
- Fossas-Olalla M et al. (2015). Product innovation: When should suppliers begin to collaborate? *Journal of Business Research*, 68(7): 1404-1406.
- Freeman C (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1): 5-24.
- Friederichsen R et al. (2013). Adapting the innovation systems approach to agricultural development in Vietnam: challenges to the public extension service. *Agriculture and Human Values*, 30(4): 555-568.
- Garcia NN (2007). La Gestión del Conocimiento como Fuente de Innovación. *Revista Escuela de Administración de Negóios*, 61(1): 77-87.
- Gasques JG et al. (2010). *A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas*. Brasília: Ipea.
- Gil AC (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Hage JT (1999). Organizational innovation and organizational change. *Annual review of sociology*, 25: 597-622.
- Mankiw NG (2019). *Introdução à economia*. 4. ed. São Paulo - SP - Brasil: Cengage Learning.
- Marques HR et al. (2014). Monitoramento tecnológico: estudo de uma propriedade intelectual da Universidade Federal de Viçosa. *Revista Cereus*, 6 (1): 105-124.
- Minayo MCS (org.) (2009). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes.
- Morschel EL et al. (2013). A influência da cultura organizacional no processo de inovação: o caso da água sistemas de armazenagem em ponta grossa, Paraná. *RAI*, 10 (2): 219-237.
- Nantes JFD, Scarpelli M (2001). Gestão da produção rural no agronegócio. In: Batalha, M. O. *Gestão agroindustrial*. São Paulo: Atlas.
- Oslo (2013). *Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação*. Campinas: Finep.
- Pontes TTS, Genuíno SLVP (2019). Desenvolvimento econômico e capacidade de inovação tecnológica no Brasil: uma análise com dados em painel. *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, 7 (1): 138-158.

- Porter ME (1990). Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Saenz TW, García CE (2002). Ciência, inovação e gestão tecnológica. Brasília: CNI/IEL/SENAI, ABIPTI.
- Santini GA et al. (2006). Conceitos de inovação no agronegócio. In: Zuin FS, Queiroz TR (Orgs.). Agronegócio: gestão e inovação. São Paulo: Saraiva.
- Santos LAC, Sanchez GFP (2014). Proposta de Pesquisa de Inovação na Agricultura. In: 52º Congresso SOBER, Goiânia.
- Schumpeter JA (1988). Capitalismo, sociedade e democracia. São Paulo: Abril Cultural.
- Seidler EP, Fritz Filho LF (2016). A evolução da agricultura e o impacto gerado pelos processos de inovação: um estudo de caso no município de Coxilha-RS. Revista Economia. e Desenvolvimento., Santa Maria, 28 (1): 388 – 409.
- Trivinos ANS (2015). Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação, São Paulo. Atlas.
- Vasconcellos MAS (2014). Fundamentos de economia. São Paulo: Saraiva.
- Vieira Filho JER, Vieira ACP (2013). A inovação na agricultura brasileira: uma reflexão a partir da análise dos certificados de proteção de cultivares. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea.
- Vieira Filho JER, Vieira ACP (2015). Políticas públicas de inovação no setor agropecuário: uma avaliação dos fundos setoriais. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea.

Aspectos jurídicos da inovação

 10.46420/9786588319987cap2

Fernanda da Silveira Joia¹

Laura Helena Orfão¹ 

Joyce Melo Carvalho de Lima¹

Luís Felipe Lima e Silva³ 

INTRODUÇÃO

A inovação visa propiciar a melhoria de um produto já existente e, no campo do agronegócio, tem sido essencial para o desenvolvimento de técnicas que visam o crescimento sustentável da produção e o desenvolvimento econômico.

Neste contexto, um compilado de fatores contribui para que haja estímulos à pesquisa, sendo o arcabouço jurídico e institucional do sistema de ciências e tecnologia (C&T) um dos principais fatores que viabilizam o desenvolvimento econômico, a partir da criação de organismos e de pactuação de acordos internacionais.

O presente capítulo tem por objetivo apresentar, de forma ampla e compreensível, os aspectos jurídicos da inovação, com foco no agronegócio. Para tanto, o estudo contempla uma visão geral dos conceitos sobre inovação, pesquisa, desenvolvimento econômico e direito.

Dentro dos ecossistemas de inovação, apresenta-se ainda um arcabouço jurídico e institucional do sistema de C&T e seus principais atores, bem como os gargalos existentes, as principais políticas públicas e marcos regulatórios do setor, buscando assim instigar futuros estudos e melhorias sobre o tema.

CONCEITOS DE INOVAÇÃO

O termo inovação foi introduzido na teoria do desenvolvimento econômico em 1912, por meio do economista Joseph Schumpeter. No seu livro intitulado “Teoria do Desenvolvimento Econômico” ele deixa claro que a inovação não deve ser vista apenas como uma novidade, mas sim como um dos principais meios pelo qual o capitalismo se desenvolve (Paiva et al., 2017). Dessa maneira, houve ampliação da compreensão a respeito do conceito inovador e sua importância para estruturas produtivas, indo muito além do financeiro, mas também abrangendo diversos setores (Vanni, 2013). No ramo

¹ Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Faculdade de Agronomia, Alfenas, MG

*Autor(a) Correspondente: fernanda.joia@unifenas.br

tecnológico, por exemplo, a inovação pode ser compreendida como “*a implementação de produtos e de processos tecnologicamente novos ou a realização de melhoramentos tecnológicos significativos nos mesmos*” (Pinsky et al., 2017).

A inovação pode ocorrer no produto, no processo, no modelo de negócio ou ainda no marketing (Abgi, 2021). Nesse sentido, à medida que a inovação é implementada, em quaisquer setores, comumente surgem desafios e a necessidade de identificar estratégias que solucionem tais problemas. Sendo assim, se torna essencial entender os tipos de inovação e portfólios de estratégias de inovação projetadas para tarefas específicas (Satell, 2017), sendo elas:

- a) Sustentação da inovação: é o tipo de inovação mais comum, sendo caracterizada pela melhoria daquilo que já existe no mercado. Nesse caso, já existe uma ideia bastante clara de quais problemas precisam ser resolvidos e quais domínios de habilidade são necessários para resolvê-los. De forma geral, para esses tipos de problemas, as estratégias convencionais, como roteiro estratégico, laboratórios de pesquisa e desenvolvimento (P&D) tradicionais e o uso de aquisições para trazer novos recursos e conjuntos de habilidades para a organização, geralmente são eficazes.
- b) Pesquisa básica: se caracteriza pela associação da empresa/produtor à ciência para ajudar na criação de um plano de negócios futuro. Nesse caso, abordagens como design thinking, inovação aberta, inovação de modelo de negócios e outros, podem ajudar a impulsionar o negócio.
- c) Inovação revolucionária: se baseia na criação completamente nova para solucionar um problema bem definido que é difícil de resolver. Nesse caso, há a necessidade de explorar domínios de habilidade não convencionais e muitas vezes contratar um profissional de um nicho muito específico para auxiliar a equipe. As estratégias de inovação aberta podem ser altamente eficazes nesse aspecto, porque ajudam a expor o problema a diversos domínios de habilidades.
- d) Inovação perturbadora: é aquela que é forçada a acontecer. Nesse caso, mudanças na base da concorrência, devido a mudanças tecnológicas ou outras mudanças no mercado, fazem com que as empresas fiquem cada vez melhores em produtos que as pessoas querem cada vez menos. Quando isso acontece, inovar o produto não trará resultados, mas sim a inovação do modelo de negócios.

Desta feita, conceituado termo inovação e quais seus tipos de exteriorização, importante abordar sua função frente à pesquisa e o desenvolvimento.

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Quanto à P&D, a inovação possui um papel de extrema relevância, posto que sem estas premissas não há o que se falar, inclusive na evolução da espécie. Peguemos como exemplo as demandas pela sobrevivência da humanidade. Sem pesquisas, o desenvolvimento seria quase nulo e a produção de

alimentos e os cuidados com o meio ambiente seriam em escala a não permitir os avanços necessários. Pensemos no planeta como gerador de alimentos necessitando dar conta de alimentar 8 bilhões de habitantes, sem destruir o meio ambiente. Como? Utilizando os mesmos princípios de quando o homem surgiu na terra? Os mesmos meios de plantios? As mesmas sementes? As mesmas tecnologias? Obrigatoriamente temos que pensar nas milhares de inovações que ocorreram na formação da terra e nas formas de alimentar o homem adequadamente. Este é o desafio, inovar com responsabilidade, avançando nas pesquisas de ponta, desenvolvendo novas possibilidades, mensurando e avaliando as consequências para o meio ambiente (Mota Neto, 2017).

Pensando na necessidade de alimentar bilhões de pessoas no planeta e que o Brasil é um país tropical onde o clima e a disponibilidade de áreas agricultáveis propiciam a produção dos alimentos demandados, convidamos o leitor a fazer conosco algumas reflexões, onde as inovações, de todas as formas têm seu papel fundamental na busca de solucionar os desafios de manter alimentada essa crescente população.

A evolução mostra que em diferentes momentos da história, a sociedade se preocupou na busca de solucionar estes desafios, infelizmente muitas vezes, não levando em conta as consequências. Em se tratando do aumento da produção de grãos, por exemplo, novas fronteiras agricultáveis foram abertas, independentemente do número de áreas queimadas, das inúmeras florestas destruídas e outros incalculáveis prejuízos ambientais. Também, para se produzir carne e outros derivados animais, novas pastagens precisaram ser incrementadas, a maioria se valendo também destas iniciativas não muito recomendáveis. Isto ocorreu com certa frequência porque a humanidade não tinha conhecimento suficiente, não só das técnicas adequadas a serem empregadas, mas também das consequências nefastas ao meio ambiente (Mota Neto, 2017).

Outro aspecto que, sem dúvida foi extremamente prejudicado nesta busca contínua de se aumentar a produção e a produtividade de alimentos, foi a questão hídrica. Muitos mananciais foram extintos, em função da perda de florestas e matas antes produtoras abundantes de água. Também na contramão do desenvolvimento e da sustentabilidade, veio a necessidade cada vez maior, do uso de agrotóxicos e outros insumos capazes de realizar o manejo e o controle das inúmeras pragas surgidas com o desequilíbrio ecológico ocorrido a partir das queimadas e derrubadas das matas e florestas nativas (Wang et al., 2018), bem como da implantação de monocultivos extensivos.

No anseio de se produzir cada vez mais e com uma área plantada cada vez menor, alguns produtores fizeram uso de insumos, nem sempre recomendáveis, o que obriga a área da saúde a estar cada vez mais vigilante e atenta às consequências da ingestão destes produtos e também à exposição a eles, lesando órgãos vitais, muitas vezes de forma irreversíveis (Pinskyi et al., 2017).

Difícil tarefa, conciliar a produção de alimentos de forma crescente, mas sem prejuízos ambientais e consequentemente de forma que não haja danos à saúde humana e do planeta. Dizer que toda produção agrícola em alta escala é prejudicial ao meio ambiente, é estigmatizar a atividade agrícola, mas por outro

lado, o que se vê diariamente nos meios de comunicação, é a responsabilização pelo homem quanto as constantes queimadas, destruição de ecossistemas naturais e perdas de recursos e solos, visando abrir novas frentes de plantio, bem como a derrubada de matas e florestas nativas (Wang et al., 2018).

DIREITO E INOVAÇÃO

A área do Direito é uma das mais antigas e tradicionais, cultuando usos e costumes, conservando, ao longo do tempo, as mesmas formas de atuar, passando, de geração para geração o formato de solucionar as demandas que lhes chegam. Como tudo é passível de inovação, e percebendo um novo nicho de mercado, alguns advogados com formação mais moderna, principalmente aqueles que atuam em grandes Escritórios, iniciaram um novo formato para a solução dos conflitos para os quais são demandados. Além de perceberem uma nova forma de atuar, perceberam também estes profissionais, uma nova forma para gerir seus negócios (Villares et al., 2018).

O uso de tecnologias como informática, ferramentas de gestão financeira, organizacional, são algumas utilizadas, ainda em pequeno percentual, comparado o universo dos profissionais do direito, conforme trabalho realizado pelo CEPI, 2018, “O futuro dos profissionais jurídicos”. Este levantamento realizado concluiu que há uma vasta lacuna no uso das inovações existentes, o que permite à área propor alterações curriculares nos cursos de Direito, criando disciplinas mais inovadoras e que estejam em consonância com as necessidades atuais, seja facilitando o profissional no uso de novas tecnologias, quanto favorecendo aos usuários do Direito no sentido de terem mais agilidade e respostas mais robustas às demandas.

DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA

Atualmente existem diversas pesquisas na área ambiental, considerando uso de solo e recursos naturais, mas a prática das inovações existentes deve ser estimulada nos diferentes níveis da sociedade, sendo mais bem difundidas para que seus benefícios sejam sentidos, senão a curto, a médio e longo prazos, o que já representa uma esperança, considerando que queremos deixar, para as próximas gerações, um planeta em melhores condições de habitabilidade. Some-se à importância da correta preservação ambiental, a necessidade do crescente desenvolvimento econômico de forma ordenada, justificando assim, o emprego de novos conhecimentos.

Uma das preocupações mais significativas quanto à prática da agricultura sustentável diz respeito às exigências crescentes dos consumidores. Nossos parceiros internacionais têm exigido, cada vez mais, certificados de uma produção que atenda à legislação no que tange à forma de produzir, a origem dos produtos, se houve mão de obra escrava, trabalho realizado com mão de obra infantil, uso inadequado de insumos, agrotóxicos, entre outras exigências. O mercado nacional também tem ficado cada vez mais exigente e na busca para vencer a concorrência, a prática de uma agricultura sustentável tem sido um diferencial crescente (Portilho, 2005).

Tendo em mente a necessidade de uma produção mais eficiente, juntamente com a preocupação sustentável, surgiu o Sistema de Plantio Direto (SPD). No Brasil, o SPD se tornou uma técnica de cultivo na agricultura a partir dos anos 1970, possibilitando que uma nova safra seja plantada sobre a palhada restante do plantio anterior, sem utilizar o processo de aragem. Além de poupar tempo, mão de obra e dinheiro, o PSD possibilita que os nutrientes fiquem contidos no solo e impeça que erosões destruam a camada fértil do solo. O SPD ainda é capaz de reduzir significativamente o consumo de carbono, sendo, portanto, considerado uma prática correta e que traz diversos benefícios para a sociedade como um todo (Febrapdp, 2015).

Ao longo dos anos, novas técnicas e tecnologias agrícolas foram surgindo buscando maximizar a produtividade sem danificar demasiadamente o solo e o meio ambiente. Na década de 1990, por exemplo, a Agricultura de Precisão (AP), que *“envolve a obtenção e processamento de informações detalhadas e georreferenciadas sobre as áreas de cultivo agrícola, visando definir estratégias de manejo mais eficientes, em especial, o uso racional de insumos”*, trouxe diversas contribuições para a agricultura brasileira (Resende et al., 2010). Nessa técnica, máquinas computadorizadas fazem todos os cálculos necessários para evitar perdas em todos os elos da cadeia; calculando corretamente a quantidade de sementes a serem lançadas no solo, quantidade de adubo, irrigação adequada, entre outros fatores que impactam positivamente o segmento. Também houve uma preocupação com os operadores destas máquinas tornando-as o mais confortável possível, sendo dotadas de ar condicionado e outras facilidades para seus condutores, oferecendo treinamento adequado e salário compatível com a função (Silva, 2010).

Importante também foi o surgimento de uma nova forma de cultivar o solo, por meio de sistemas agroecológicos, tal como a técnica denominada Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), a qual consiste em plantar grãos, árvores e criar bovinos no mesmo ambiente, sem que haja prejuízo para uma das partes, pelo contrário, só há ganhos, pois, além de recuperar o solo, pode-se contar com a venda das madeiras extraídas, a colheita dos grãos e a carne produzida (Mapa, 2016). Assim, muitas propriedades que produzem carne, por exemplo, utilizando de sistemas de confinamentos, necessitaram encontrar uma forma racional de utilizar os dejetos ali produzidos, bem como de racionalizar energia, baixar custos de produção. Propriedades com elevada geração destes dejetos, começaram também a ter problemas sanitários e a busca por uma utilização racional levou-os à produção do biogás, energia usada nas propriedades para diversos fins (Embrapa, 2020). Diversos segmentos agroecológicos promovem formas mais sustentáveis de cultivo animal ou vegetal, utilizando-se diferentes práticas agrícolas, tal como sistemas orgânicos.

Outra grande preocupação quando se trata do setor produtivo rural, é o abastecimento de água. Apesar do Brasil possuir grande disponibilidade hídrica, já existem conflitos reais pelo seu uso. O uso inadequado dos solos conduz a compactação dos mesmos, reduzindo a capacidade de infiltração de água propiciando a evolução de processos erosivos, causando assoreamento dos cursos de água. Também vale a pena ressaltar, que a contaminação química e biológica destes solos, causada pelos resíduos de práticas

agrícolas e ocupação desordenada próxima às nascentes, é de grande preocupação. Visando à proteção dos mananciais de água do país, várias ações governamentais são tomadas constantemente, incluindo o apoio a pesquisas científicas quanto à elaboração de políticas públicas que coíbam o uso abusivo deste recurso natural, protegendo fontes e mananciais (Soares et al., 2017).

ARCABOUÇO JURÍDICO E INSTITUCIONAL DO SISTEMA DE C&T

A inovação tecnológica tem sido uma forte aliada da promoção do uso sustentável do meio ambiente, oferecendo meios que propiciem aliar o desenvolvimento econômico com o aumento da produtividade de alimentos de forma sustentável, dependendo, na maioria das vezes, da vontade do homem, de uma legislação robusta e compatível com as realidades e um governo que disponha de meios para fazer valer tais legislações (Villares et al., 2018).

Em nível federal, foram criados vários organismos capazes não só de coibir usos de práticas nocivas ao ambiente, como desmatamentos em áreas indevidas, práticas de queimadas, abertura de garimpos e ainda, de aplicar pesadas multas aos infratores, afugentando eventuais aventureiros. Também existe uma série de tratados internacionais que visam auxiliar o governo brasileiro na defesa e manutenção de regiões como a Amazônica, cujos prejuízos havidos são sentidos em todo o planeta, dada sua grandiosidade e a extensão de florestas nativas que auxiliam na manutenção do clima. Como o país tem dimensões muito amplas e os biomas são muito diferentes, se torna necessário legislações bem definidas para cada realidade. Porém, o arcabouço que controla a aplicação das legislações vigentes muitas vezes é precário e ineficaz (Schmitt, 2015).

Apesar de acontecimentos negativos que causam prejuízos ao meio ambiente, considerando a prática da agricultura nos padrões indevidos, é importante salientar que há um forte movimento no país que busca diminuir ou evitar estas práticas, principalmente denunciando os maus produtores e grupos interessados apenas na lucratividade. Estes movimentos fazem uso, principalmente dos meios de comunicação, para mostrar evidências de práticas danosas ao meio ambiente e sensibilizar a opinião pública quanto à necessidade de serem adotadas medidas de contenção e punitivas aos segmentos infratores das legislações vigentes. Neste sentido o uso de sensores remotos como drones, de celulares e outros meios, conseguem registrar a ação de pessoas não autorizadas, seja na extração de minérios, de madeiras ou na abertura ilegal de novas áreas para a implantação e/ou desenvolvimento da agropecuária, principalmente nos estados onde ainda há grande quantidade de áreas com vegetação nativa (Schmitt, 2015).

SISTEMA DE C&T E SEUS PRINCIPAIS ATORES

Os atores que constituem o sistema de C&T estão em duas vertentes, aqueles que executam pesquisa, fazendo ciência e os que financiam tais pesquisas.

OS EXECUTORES (ICTS, EMPRESAS, LABORATÓRIOS, DENTRE OUTROS)

Atualmente houve uma mudança nos principais executores de pesquisas. Executar pesquisas não é mais privilégio das Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs). Laboratórios e Empresas privadas possuem Parques Tecnológicos invejáveis, sendo atores de suas próprias pesquisas, não ficando à mercê das Instituições Públicas. Esta prática, além de ser mais célere, busca resultados específicos, evitando etapas que, às vezes, as instituições públicas, em função de legislações de órgãos financiadores, acabam por realizar, aumentando o tempo da pesquisa (Dwih, 2021).

A grande diferença está na formação de recursos humanos, o que as Universidades, por meio dos cursos de pós-graduação, oferecem treinamentos adequados e de acordo com as necessidades do mercado de trabalho. Esta é uma mudança também verificada nas instituições de ensino, qualificar profissionais baseado nas demandas de mercado, e não formar simplesmente por formar. Também a difusão de tecnologias tem avançado bastante, considerando os meios de comunicação existentes, e as inovações já não vão para a prateleira, como ocorria até recentemente. Assim, as pesquisas, além de atender demandas pontuais da sociedade, são facilmente apropriadas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento econômico do país (Dwih, 2021).

Outro fator importante é a forma como as instituições estão lidando com a Extensão, fazendo com que ela, efetivamente faça parte da vida institucional, aproximando a universidade da sociedade, o que propicia uma identificação mais ágil das demandas e conseqüentemente um atendimento mais eficiente e eficaz na solução destas demandas (Unifenas, 2017).

OS FINANCIADORES

Tradicionalmente o governo federal era o principal agente financiador, por meio de suas agências: A mais antiga, criada em 1951, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, seguido pela Coordenação de Apoio ao Ensino Superior-CAPES e posteriormente pela Financiadora de Estudos e Projetos-FINEP. Visando expandir e facilitar esses apoios foi criada uma rede estadual, denominada Fundação de Amparo à Pesquisa, onde cada estado disponibiliza recursos específicos para Pesquisa (Gomes et al., 2015).

Por muito tempo, o financiamento às pesquisas ficou restrito a estes setores, mas em 1999, foram criados os Fundos Setoriais, onde cada setor da produção retirava, em comum acordo com seus Conselhos, um percentual de suas exportações e revertia para financiar pesquisas. Esta prática permitiu um crescimento exponencial de recursos financeiros disponíveis e utilizados para pesquisa (Gomes et al., 2015).

Também hoje é comum que Ministérios que se ocupam das mais variadas temáticas, disponibilizem recursos especificamente direcionados para pesquisa, inclusive repassando esses recursos

para as agências financiadoras, como é o caso do CNPq, para que seja utilizada a expertise do órgão no sentido de lançar editais específicos para solucionar problemas pontuais e de interesse daquele órgão, inclusive concedendo bolsas de pesquisa à pesquisadores renomados para que eles solucionem gargalos que por ventura estejam travando o setor e consequentemente retardando o desenvolvimento econômico e a competitividade com outros países (Gomes et al., 2015).

OS GARGALOS EXISTENTES NO SISTEMA C&T

Podemos considerar os gargalos como restrições lógicas ou físicas de processos que limitam o desempenho da C&T, quais sejam:

CONSERVADORISMO

Uma das dificuldades na implementação de ações inovadoras na Agricultura, diz respeito ao fato de boa parte dos produtores, mesmo em nível empresarial, serem conservadores. Nesse caso, eles preferem o uso arcaico que, apesar de serem parcialmente eficazes, promovem o desgaste dos solos mais rapidamente, consomem água e energia de forma desregrada e não atendem, integralmente, aos tratados nacionais e internacionais que legislam sobre a temática (Turchi et al., 2017).

RECURSOS HUMANOS

Uma das formas de acelerar a utilização de boas práticas na agricultura é a formação de recursos humanos com perfil moderno e que veja nos resultados das pesquisas a solução para um incremento da produção e da produtividade de forma sustentável e que atenda às legislações existentes. Que os Agrônomos e demais profissionais voltados para essa área sejam formados com uma visão que permita práticas que estejam alinhadas com o desenvolvimento sustentável e que estejam cada vez mais entrosados e respaldados por outras áreas, como a saúde, ciências biológicas e afins (Turchi et al., 2017).

LEGISLAÇÃO

Considerando que o Brasil é denominado o celeiro do mundo, onde há dimensões, climas e recursos hídricos adequados para a produção de alimentos capazes de atender às demandas presentes e futuras, é indispensável que os governantes atuem de forma firme na elaboração, aplicação e fiscalização de políticas públicas que propiciem a proteção de todos os segmentos envolvidos. Nesse sentido, é necessário que haja, cada vez mais, acordos nacionais e internacionais que protejam nossos biomas e que nossa produção se dê de forma organizada e dentro dos princípios éticos, saudáveis e que preservem o meio ambiente. Que haja uma legislação cada vez mais adequada e que os organismos fiscalizadores sejam eficientes e ágeis, agindo sem paixões e em defesa de um ambiente que seja sustentável e capaz de manter

as gerações futuras bem como de exercer a fraternidade entre os povos, colaborando em fazer chegar à mesa de cada cidadão, o alimento necessário à sobrevivência de cada um (Gomes et al., 2015).

PRINCIPAIS POLÍTICAS PÚBLICAS E MARCOS REGULATÓRIOS DO SETOR C&T

O foco na ciência, tecnologia e inovação tem crescido largamente entre as políticas públicas, isso porque os benefícios propiciados por essas vertentes têm promovido aumento na economia do país. Neste sentido, os direitos de propriedade intelectual desempenhem um papel estratégico e pró-desenvolvimento ao garantir proteção aos processos, produtos e serviços, estimulando a inovação ao reduzir o risco econômico que onera os investimentos em P&D (Pimentel, 2010).

Consoante Sá (2010) cita que a inovação pode ser favorecida pela propriedade intelectual adquirida pela sociedade. Dessa forma, na medida que o intelecto é impulsionado, juntamente com a melhoria da tecnologia, há o favorecimento da inovação. Isso permite que haja melhorias dos resultados econômicos e potencializa o retorno dos recursos utilizados no desenvolvimento do produto ou processo a ser protegido.

Diante desse cenário, torna-se necessário que haja um conjunto de leis que regulem a proteção das propriedades intelectuais. Neste contexto, foram aprovadas no Brasil leis que regulamentam a propriedade intelectual, tais como a Lei n.º 9.279/96 (Lei de Propriedade Industrial - LPI), Lei n.º 9.456/97 (Lei de Proteção de Cultivares - LPC), Lei n.º 9.610/98 (Lei dos Direitos Autorais e dos direitos que lhe são conexos), e a Lei n.º 9.609/98 (Lei de Software).

Um questionamento pertinente é se o arcabouço da propriedade intelectual vem acompanhando as mudanças na área da C&T, ou se ele seria o agente responsável por tais mudanças, ou seja, o indutor de novos comportamentos das instituições. Cimoli et al. (2008), respondem a tal questionamento, entendendo que tal arcabouço visa preservar posições dominantes, devendo, portanto, acompanhar as inovações na área:

As leis de propriedade intelectual são mecanismos para preservar as posições dominantes em determinados campos, e não mecanismos para criá-las... Países que estão na fronteira da inovação usaram e usam a PI como medida de política industrial *de facto*, para manter a competitividade de suas indústrias e proteger vantagens comparativas de certas trajetórias tecnológicas. Países em desenvolvimento deveriam aprender com os da fronteira e ajustar estrategicamente os regimes de propriedade intelectual de acordo com as necessidades próprias de desenvolvimento produtivo. (Cimoli et al., 2008)

Posteriormente à promulgação destas leis que podem ser consideradas o cerne da propriedade intelectual no Brasil, houve a promulgação de outras, a fim de regulamentar aspectos e promover o avanço da C&T. Dentre estas, temos mais relevantes a Lei de Inovação (Lei n.º 10.973/2004 e Lei n.º 13.243/2016), Lei do Bem (Lei n.º 11.196/2005), Lei de Biossegurança (Lei n.º 11.105/2005), e a Lei de Regulamentação do FNDCT (Lei n.º 8.172/1991).

O Quadro 1 a seguir apresenta as leis acima mencionadas, e seu respectivo objeto de proteção:

Quadro 1. Leis de regulação da proteção de propriedades intelectuais aprovadas no Brasil. Fonte: Adaptado de Brasil (1997); Brasil (1998); Ompi (2008); Ortiz (2012).

Legislação	Objeto de Proteção
Lei n.º 9.279/96 (Lei de Propriedade Industrial - LPI)	A propriedade industrial protege criações intelectuais que enfatizam a produção de produtos e serviços que são oferecidos no mercado. Assim, abrange invenções, desenhos industriais, marcas, indicações geográficas e a repressão à concorrência desleal. Tem como objetivo garantir aos criadores o direito exclusivo de uso de suas criações, impedindo terceiros, dentre outras coisas, de fabricar, comercializar, utilizar ou vender a sua criação sem autorização (Ompi, 2008).
Lei nº 9.456/97 (Lei de Proteção de Cultivares - LPC)	A LPC visa proteger as cultivares, as quais podem ser conceituadas como <i>“variedade de qualquer gênero ou espécie vegetal superior que seja claramente distinguível de outras cultivares conhecidas por margem mínima de descritores, por sua denominação própria, que seja homogênea e estável quanto aos descritores através de gerações sucessivas e seja de espécie passível de uso pelo complexo agroflorestal, descrita em publicação especializada disponível e acessível ao público, bem como a linhagem componente de híbridos”</i> (Brasil, 1997).
Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos Autorais)	O direito autoral protege o conjunto de direitos morais e patrimoniais de autores de obras intelectuais no campo literário, científico e artístico. Enquadram-se nessa lei os desenhos, esculturas, pinturas, livros, artigos científicos, músicas, filmes, fotografias e programas de computador. As criações protegidas pelo direito autoral não possuem requisitos de novidade absoluta e aplicação industrial (Brasil, 1998)
Lei nº 9.609/98 (Lei de Software)	A Lei de Software <i>“regulamenta e normatiza todas as operações realizadas possíveis com programas de computador, sejam de origem nacional ou estrangeira. Os programas de computador, tecnicamente, são definidos pelo artigo 1º da lei do software, como: “expressão de um conjunto organizado de instruções em linguagem natural ou codificada, contida em suporte físico de qualquer natureza, de emprego necessário em máquinas automáticas de tratamento da informação, dispositivos, instrumentos ou equipamentos periféricos baseados em técnica digital ou análoga para fazê-los funcionar de modo e para fins determinados”</i> . Logo, é possível afirmar que o programa de computador é considerado uma criação de espírito, exteriorizada por meio de elaboração humana, por seu criador para utilização de máquinas de processamento de dados” (Ortiz, 2012)

LEI DE INOVAÇÃO (LEI Nº 10.973/2004 E LEI Nº 13.243/2016):

Essa lei permite e incentiva a interação entre universidades, empresas e centros de pesquisa na busca por produtos e/ou processos tecnológicos.

Registra-se que a lei em pauta é regulamentada pelo Decreto nº 5.563/2005, o qual apresenta conceitos importantes para a melhor compreensão da lei. Vale ressaltar também que após mais de uma década, entrou em vigor a Lei nº 13.243/2016, conhecida como Novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação, a qual trouxe significativas alterações na Lei da Inovação. Uma das principais inovações promovidas pela Lei nº 13.243/2016, foi permitir que os Núcleos de Inovação Tecnológica (NTI) sejam constituídos por personalidade jurídica própria e também entidades privadas sem fins lucrativos, otimizando, assim, a gestão de tecnologia e o processo de gestão da inovação (Marinho; Corrêa, 2016).

LEI DO BEM (LEI Nº 11.196/2005):

Segundo Moreira *et al.* (2007), aludida lei incentiva investimentos em processos de inovação no setor privado, além de tentar aproximar as universidades aos setores privados, potencializando os resultados provenientes de P&D. Para obter os incentivos fiscais da Lei do Bem, é necessário preencher alguns pré-requisitos, tais como empresas em regime no lucro real, com lucro fiscal, regularidade fiscal, além de empresas que invistam em P&D (Brasil, 2005).

LEI DE BIOSSEGURANÇA (LEI Nº 11.105/2005):

A Lei de Biossegurança surgiu num contexto de promover mais segurança à população como um todo. No entanto, essa lei engloba diferentes temas que, embora sejam pertencentes a um nicho específico, geram confusão e demonstram um caráter fragmentado (Martins-Costa et al., 2005). De forma geral, a lei se propõe a regulamentar normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre organismos geneticamente modificados (OGM) e seus derivados; determinar qual o papel e as competências da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio); gerenciar o uso de células-tronco embrionárias para fins de pesquisa e terapia; e também gerenciar a formação do Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS) (Brasil, 2005).

LEI DE REGULAMENTAÇÃO DO FNDCT (LEI Nº 8.172/1991):

Essa lei restabelece o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), que já tinha sido criado pelo Decreto-Lei nº 719/1969. No entanto, mesmo já existindo, o FNDCT não tinha uma receita própria e começou a declinar em 1979. Dessa forma, tornou-se necessário a criação dessa lei para garantir uma arrecadação própria para o FNDCT, administrado por um conselho diretor, e que pode contribuir de forma significativa para a progressão da P&D no país (Fndct, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram abordados os principais conceitos de inovação, diferenciando-se inclusive do conceito de invenção, que ocasiona dúvidas a muitos. Foi também possível delinear a relevância do papel da inovação à pesquisa e ao desenvolvimento, especialmente no agronegócio, permitindo assim a evolução dos meios de produção agrícolas, em busca do aumento da produção para atendimento da crescente demanda por alimentos.

Ficou clara a necessidade de reformulação dos cursos de Direito, a fim de que disciplinas inovadoras sejam criadas com o intuito de familiarizar os profissionais da área ao uso de ferramentas tecnológicas jurídicas que tem sido criadas e ainda pouco usadas por estes.

No que tange ao desenvolvimento econômico, restou evidente a atuação da inovação na área ambiental com este escopo, principalmente na seara da agricultura sustentável, instigando um crescente mercado mais exigente, bem como o surgimento de novos sistemas de plantio, preocupados com a qualidade e proteção do solo, da água e dos ecossistemas naturais.

A importância do arcabouço jurídico e institucional do sistema C&T a fim de viabilizar o desenvolvimento econômico também ficou clara, a qual propiciou a criação de organismos capazes de coibir práticas nocivas ao ambiente, bem como a pactuação de acordos que visem auxiliar o governo brasileiro na defesa e na manutenção de regiões importantes ao meio ambiente.

Foram apresentados os principais atores do sistema C&T, quais sejam, os executores e financiadores de pesquisas, além dos gargalos existentes em aludido sistema, como o conservadorismo, recursos humanos e legislação.

E, em relação à legislação, embora seja considerada um gargalo pela ausência de implementação eficaz de políticas públicas e uma legislação adequada ao tema, fato é que tem o legislativo buscado amparar o sistema C&T através da elaboração leis neste campo.

Há muito que se diz que o Brasil é o país que reúne as maiores condições para produzir alimentos capazes de suprir a fome do planeta. Uma responsabilidade enorme, considerando-se que a população mundial cresce anualmente, e estamos próximos de atingir os 8 bilhões de habitantes. Se considerarmos a extensão do país, a quantidade de terras agricultáveis, a disponibilidade de água e o clima, de fato, podemos atingir grandes potenciais neste sentido.

Por outro lado, além de dispormos das condições ideais, estamos vivendo uma era, cuja aplicação das inovações, não só no setor produtivo, mas em todos os setores, é bastante animadora, pois além de vermos a formação e a qualificação de nossos recursos humanos serem cada vez mais apropriadas às demandas existentes, temos criado legislações que buscam proteger não só as pessoas, mas as formas de se produzir e todo o arcabouço produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abgi - Accelerating Innovation (2021). O que é inovação. Disponível em: <https://brasil.abgi-group.com/a-inovacao/>. Acesso em: 19/04/2021.
- BRASIL (1969). Decreto-lei nº 719, de 31 de julho de 1969. Cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e dá outras providências: seção 1, Brasília, DF, p. 6522.
- BRASIL (1991). Lei nº 8.172, de 18 de janeiro de 1991. Restabelece o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico: seção 1, Brasília, DF, p. 1617.
- BRASIL (1996). Lei nº 9.279 de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial: seção 1, Brasília, DF, p. 8353.
- BRASIL (1997). Lei nº 9.456 de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências: seção 1, Brasília, DF, p. 8241.

- BRASIL (1998a). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988: Brasília, DF.
- BRASIL (1998b). Lei nº 9.609 de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programas de computador, sua comercialização no país, e dá outras providências: seção 1, Brasília, DF, p. 1.
- BRASIL (1998c). Lei nº 9.610 de 19 de fevereiro de 1998a. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências: seção 1, Brasília, DF, p. 3.
- BRASIL (2004). Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências: seção 1, Brasília, DF, p. 2.
- BRASIL (2005a). Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Lei de Biossegurança: seção 1, Brasília, DF, p. 1.
- BRASIL (2005b). Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. Lei do Bem: seção 1, Brasília, DF, p. 1.
- Cimoli M et al. (2008). Intellectual Property and Industrial Development: A Critical Assessment. Initiative for Policy Dialogue (IPD), Working Paper Series. 46p.
- Dwih SP (2021). Instituições de Pesquisa. Disponível em: <https://www.dwih-saopaulo.org/pt/pesquisa-e-inovacao/cenario-de-pesquisa-e-inovacao-no-brasil/instituicoes-de-pesquisa-e-inovacao/instituicoes-de-pesquisa/>. Acesso em: 20 abr de 2021.
- Embrapa (2020). Tecnologia gera energia, fertilizante e água a partir de dejetos suínos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/busca-de-noticias/-/noticia/52090750/tecnologia-gera-energia-fertilizante-e-agua-a-partir-de-dejetos-suinos>. Acesso em: 19 de abr 2021.
- Febrapdp (2015) - Federação Brasileira do Sistema de Plantio Direto. Plantio direto, a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira, Foz do Iguaçu: Itaipu. 144p.
- Fndct (2020) - Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Histórico e Legislação. Disponível em <http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/fndct/historico-e-legislacao>. Acesso em: 22 set. 2020.
- Gomes VC et al. (2015). Os fundos setoriais e a redefinição do modelo de promoção de ciência, tecnologia e inovação no Brasil: uma análise à luz do CT-Agro. Revista de Administração, 50(3): 353-368.
- Mapa (2016). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Integração lavoura, pecuária e floresta - ILPF. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/integracao-lavoura-pecuaria-e-floresta-ilpf>>. Acesso em: 21 abr 2021.

- Marinho BC et al. (2016). Novo Marco Legal da Inovação no Brasil: Breve Análise dos Reflexos das Alterações na Lei N° 10.973/2004 para os Núcleos de Inovação Tecnológica. *Revista de Direito, Inovação, Propriedade Intelectual e Concorrência*. Brasília. 2(1): 43 – 58.
- Martins-Costa J et al. (2005). Lei de Biossegurança, Medusa legislativa? Disponível em: <https://www.ufrgs.br/bioetica/ibiosseg.htm>. Acesso em: 20 abr 2021.
- Moreira NVA et al. (2007). A inovação tecnológica no Brasil: os avanços no marco regulatório e a gestão dos fundos setoriais. *Revista de Gestão*, 14(especial): 31-44.
- Mota Neto SJ (2017). Análise comparativa Bahia-Brasil da introdução das inovações tecnológicas no mercado a partir dos dados da pintec no período de 2009 a 2014, sob a ótica da teoria evolucionária. *Caderno de Prospecção*, 10(3): 380-392.
- Ortiz LRA (2012). A propriedade intelectual na lei do software. *Revista Eletrônica da Faculdade de Direito de Franca*, 6(1): 1-6.
- Paiva MS et al. (2018). Inovação e os efeitos sobre a dinâmica de mercado: uma síntese teórica de Smith e Schumpeter. *Interações*, 19(1): 155-170.
- Pimentel LO (2010). Propriedade intelectual e inovação: marco conceitual e regulatório. In: *Introdução à Propriedade Intelectual e Inovação no Agronegócio*. Módulo 1, 2ª edição. Brasília: MAPA, Florianópolis: EAD/UFSC.
- Pinskyi V et al. (2017). Inovação tecnológica para a sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos. *Estudos Avançados*, 31(90): 1-20.
- Portilho F (2005). Consumo sustentável: limites e possibilidades de ambientalização e politização das práticas de consumo. *Cad. EBAPE.BR*, 3(3): 1-12.
- Resende AV et al. (2010). 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*, Teresina. Novos caminhos para agricultura conservacionista no Brasil: anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí.
- Sá CD (2010). Propriedade Intelectual na cadeia de flores e plantas ornamentais: uma análise da legislação brasileira de proteção de cultivares. Departamento de Administração da Faculdade de Economia e Contabilidade da Universidade de São Paulo (Dissertação), São Paulo. 229p.
- Satell G (2017). The 4 Types of Innovation and the Problems They Solve. *Harvard Business Review*. Disponível em: <https://hbr.org/2017/06/the-4-types-of-innovation-and-the-problems-they-solve>. Acesso em: 19 abr 2021.
- Schmitt J (2015). Crime sem castigo: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia. Departamento de Política e Gestão Ambiental do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (Tese), Brasília. 188p.
- Silva JRM et al (2010). III Jornadas Ibero-Americanas de Agricultura de Precisão – Ata de Congresso.

- Soares DF et al. (2017). Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22(2): 277-284.
- Turchi LM et al. (2017). Políticas de apoio a inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações, Brasília: IPEA. 485p.
- Unifenas - Universidade José do Rosário Vellano (2017). Fórum de Extensão divulga iniciativas voltadas para a comunidade. Disponível em: https://www.unifenas.br/noticia.asp?note=uni_2819. Acesso em: 20 abr 2021.
- Vanni T et al. (2013). Inovação em saúde: conquistas e desafios. *Clinical and Biomedical Research*, 33(2): 1-1.
- Villares ALN et al. (2018). Cadernos de Direito e Inovação. Núcleo Jurídico do Observatório da Inovação e Competitividade do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.
- Wang Q et al. (2018). Paradigm changes in freshwater aquaculture practices in China: Moving towards achieving environmental integrity and sustainability. *Ambio*, 47(1): 410-426.

Tecnologia digital na agricultura

 10.46420/9786588319987cap3

Gisele de Fátima Esteves¹ 

Sandra de Souza Alves^{1*} 

José Ricardo Mantovani¹ 

Ligiane Aparecida Florentino¹ 

INTRODUÇÃO

A expectativa do aumento da população mundial é de aproximadamente 80 milhões de pessoas a cada ano que passa com uma previsão de que em 2050 a população chegará a 9,3 bilhões de pessoas, com perspectiva de mais de 10 bilhões em 2100 (ONU, 2019). Diante deste cenário emergente, há uma preocupação eminente, que é de como alimentar toda essa população numa mesma área a ser plantada e ainda preservar e como conservar os recursos naturais, assim tornando um desafio para a agricultura (Coble et al., 2018; Aulbur et al., 2019).

Há dessa forma, uma necessidade de aumentar a produtividade e também reduzir custos em todo este processo sem esquecer dos desafios climáticos, das exigências de consumidores cada vez mais bem informados (Germanova, 2019). O mundo vivencia um cenário de grandes incertezas, em 2020 e 2021, em como lidar com o surgimento do coronavírus com toda sua ameaça e transtorno para a economia, educação, saúde, agronegócio e outros diversos segmentos. Muitos estudos e ações estão sendo desenvolvidos neste sentido, criatividade e inovação apoiados pelas tecnologias digitais são caminhos vislumbrados para que se enfrente este cenário e a agricultura vem ganhando força junto a agricultura digital para superar esse desafio de fortalecer toda essa cadeia produtiva (EMBRAPA, 2019).

Dessa forma, uma boa gestão das propriedades rurais, por meio do uso das tecnologias digitais será fundamental para colaborar com este aumento da produção de alimentos, posto que o Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo, no terceiro lugar, depois da China e dos Estados Unidos (Bojanic, 2020).

Diante desse cenário, este capítulo buscou contextualizar em sua primeira etapa, a agricultura digital e as tecnologias digitais com ênfase na inteligência artificial, demonstrando benefícios e a influência na tomada de decisão na produção agrícola. Na sequência, descrevemos como os modelos matemáticos

¹ Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Departamento de Agronomia, Alfenas-MG.

*Autor(a) Correspondente: sandra.alves@unifenas.br

e os sensores auxiliam na agricultura de precisão e diante de toda essa transformação digital e em seu fechamento, discorrer sobre as principais tendências e desafios para o futuro.

AGRICULTURA E AS TECNOLOGIAS DIGITAIS

A globalização se tornou no cenário contemporâneo, diante de tantas incertezas que o mundo vem passando, ela toma proporções exponenciais graças as tecnologias da informação e comunicação que estão evoluindo significativamente e cada vez mais presente em todos segmentos e na agricultura, não poderia ser diferente (Massruhá et al., 2016).

Nesta lógica, emerge a agricultura digital, que veio para colaborar e tornar o meio rural mais conectado e seus processos e manejos cada vez mais eficientes. Num cenário tão tecnológico, o agronegócio acompanhar a passos largos essa evolução, até porque, dados “valem ouro” se forem bem levantados, coletados e analisados de forma estratégica (Barbedo et al., 2014).

Portanto, a agricultura digital, envolvendo os diversos tipos de tecnologias digitais auxiliam no levantamento e no processamento de dados coletados em todos os elos das cadeias produtivas (Souza et al. 2020).

De acordo com Souza (2020), elas estão divididas em cinco grupos. As tecnologias vinculadas à organização e à representação da informação (Tesauros, Ontologia, *Big Data* e *API - Application Programming Interface*) estão contidas no primeiro grupo. As técnicas de modelagem matemática e estatística, focadas em fenômenos biológicos, sociais e ambientais, correspondem ao segundo grupo. No terceiro grupo a inteligência artificial e sua aplicação na agricultura. As tecnologias de sensores e robótica, fazem parte do quarto grupo e no quinto grupo, estão as tecnologias como computação em nuvem e *blockchain*, onde há uma interação com a agricultura.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AGRICULTURA

Muitas são as definições e apontamentos do surgimento da Inteligência Artificial (IA), Bona et al., (2015), discorre que o cientista da computação McCarthy, utilizou pela primeira vez o termo na conferência que aconteceu no Dartmouth College, em New Hampshire, EUA. Algo novo se iniciava no campo do conhecimento onde, desde a década de 1940, já se procurava produzir modelos matemáticos que pudessem replicar a função dos neurônios cerebrais (Bona et al., 2015).

Já os autores Pozzebon et al. (2004), apontam que aproximadamente por volta da metade do século XX, o desenvolver da Inteligência Artificial esteve intensamente conectado ao avanço dos computadores. Neste sentido, foi possível figurar diversos aspectos da inteligência humana, o que possibilitou ao ser humano indagar se as máquinas poderiam ser inteligentes e serem hábeis a aprender como as pessoas. Conforme aponta Gomes (2010), a Inteligência Artificial (IA), pode então ser compreendida como sistemas que raciocinam e agem como os seres humanos. Dessa forma, quando se

fala em IA, a que se pensa que ela engloba diversos segmentos como: as linguagens de programação, os sistemas visuais e especialistas, a robótica e bases de dados dentre outros (Luger, 2014).

A agricultura evolui rapidamente a partir do século XXI, com a presença de sensores, microprocessadores, recursos avançados de automação, armazenamento de dados em nuvem. Tudo isso ocorreu paralelamente a industrialização (Indústria 4.0), assim, logo a agricultura passou a utilizar o termo agricultura 4.0, a qual também é conhecida como Agricultura inteligente ou *Smart Farming* (Andritoiu et al., 2018; Bronson et al., 2016).

É notável as contribuições que a IA trouxesse para a agricultura, enquanto a Agricultura de precisão leva em consideração o campo(local), ela vai além, abrangendo o local, dados, aprimorados pelo conhecimento do contexto e da situação, desencadeados por eventos em tempo real, auxilia na tomada de decisão em toda a cadeia produtiva (Wolfert et al., 2017). Assim, os processos de transformação digital passam a ser indispensável para tornar a agricultura mais produtiva e sustentável (Bolfe et al., 2020).

O grau de automação da IA está aumentando ao longo dos últimos anos, um grande número de modelos matemáticos está sendo desenvolvidos para testar diferentes variáveis e fornecer um indicativo para o setor agrícola em todas as áreas de produção (Wolfert et al., 2017). Por exemplo Salcides et al. (2018) desenvolveram um modelo utilizando a modelagem fuzzy para classificação de amostras de café, Góes et al. (2020) também utilizando a modelagem fuzzy, desenvolveu uma modelo matemática de variáveis biométricas e nutricionais da cultura da soja e Constantinescu (2017) desenvolveu um modelo utilizando a modelagem neuro-fuzzy para auxilia na safra de milho da região da Romênia.

Numa contextualização mais recente, Lavagnoli (2019), aponta que a IA na configuração máquinas, elas são atualizadas para realizar tarefas básicas e proporcionar mais conforto aos usuários e cita como exemplo, utilizar um celular e por meio de um comando de voz, fazer a solicitação de um endereço. Portanto, a inteligência artificial é muito mais sobre ter as máquinas ao nosso lado e ao nosso serviço do que tê-las tomando nosso lugar e espaço (Lavagnoli, 2019).

MODELOS MATEMÁTICOS NO AGRONEGÓCIO

As propriedades agrícolas estão se tornando cada vez mais tecnológica, diversos sensores interligados a internet (IoT), gerando dados em grande quantidade (*Big Data Analytics-BDA*), necessitando de filtragem, armazenamento e análise, onde os algoritmos cada vez mais aprimorados fecha o ciclo mandando informações aos GPS instalados nas máquinas que respondem realizando intervenções pontuais (Massruhá et al., 2015).

O aprendizado de máquinas é feito por meio de observação de uma base de dados que buscam descrever cada observação (local, data, posição geográfica, etc.) no caso dos textos vocábulos, imagens os pixels (pedaços pequenos da imagem), os algoritmos operam construindo um modelo de classificação (Ternes et al., 2020). Existem várias classes de algoritmos que auxiliam nesse processo como: simbólica:

árvores de decisão; baseada em instâncias: k-NN ou k vizinhos mais próximos; aprendizado estatístico: SVM - *Support Vector Machines*; *bootstrap aggregating*: *Random Forest*; conexonista: Redes Neurais Profundas; princípio da incerteza não probabilística: lógica *fuzzy* entre outros (Souza et al., 2020). Esses algoritmos são utilizados em várias aplicações na agricultura como na aplicação localizada de defensivos, previsão de safra, determinação do grau de maturidade de frutos/grãos, falhas de plantio, irrigação, previsões meteorológicas, entre outras, a tendência é que cada vez mais ganhem espaços e façam parte da rotina das propriedades agrícolas (Bolfe et al., 2020).

Os modelos matemáticos buscam entender o mundo físico e prever o seu comportamento diante uma situação, sua elaboração demanda a conceituação do problema formulando hipótese para o seu funcionamento e simplificação das variáveis; tradução do problema em linguagem matemática; estimativa de parâmetros; simulação e predição; validação e refinamento do modelo (Souza et al., 2020).

O setor do agronegócio está se tornando cada vez mais adepto as novas tecnologias, das *startups* às grandes empresas, são possíveis identificar altos investimentos em automatização de processos e tomada de decisões com a finalidade de otimizar o tempo, facilitar os procedimentos e aumentar os lucros (Moreti et al., 2020).

Um bom exemplo é o robô Gbot, desenvolvido por uma empresa Argentina, com a finalidade de substituir o uso do defensivo glifosato. O robô é equipado com sensores que identificam o solo e as culturas, coletando dados como: temperatura, umidade, saturação do solo, pH e salinidade. Com esses dados gera mapas e faz uso de raio laser e vapor de água para eliminar as plantas daninhas, outro ponto positivo é que o Gbot é movido por energia solar (Becker et al., 2021).

ARMAZENAMENTO DE DADOS

O mundo está repleto de sensores e sistemas inteligentes que se interconectam por meio das plataformas de Internet e nuvem, essa tecnologia é denominada Internet das coisas (IoT), ela apresenta inovação em todos os setores, com a ideia de conectar e interagir diversos objetos em busca de um objetivo comum (Kaufman et al., 2020). É requisito para IoT, que todas as coisas possuam um endereço na internet, para que qualquer máquina possa acessar e também possuir proteção à privacidade desses dados desde a transmissão, agregação, armazenamento, processamento e mineração dos dados (Souza et al., 2020).

Os dados coletados são enviados para a nuvem, essa tecnologia permite o acesso a programas, arquivos e serviços por meio da internet, sem a necessidade da instalação de programas (Souza et al., 2020). As informações são armazenadas no banco de dados, denominado Big Data Analytics, onde possuem alta velocidade e vários métodos analíticos para transformar essas informações em conhecimento, identificando padrões ocultos, aqueles não percebidos aos olhos humanos (Alreshidi, 2019).

Segundo Moreti et al. (2020) mesmo se o ser humano fosse capaz de utilizar todos os neurônios simultaneamente ele não conseguiria processar armazenar e realizar conexões como os computadores, assim o uso da inteligência artificial no agronegócio é tão vantajoso. Como o auxílio das tecnologias o setor agrário tem investido em pesquisas, buscando solucionar o desafio para aumentar a produtividade, visto que vários fatores como: heterogeneidade do ecossistema, sistemas físicos, químicos e biológicos, fatores climáticos entre outros interferem nas etapas de pré-produção, produção e pós produção (Moreti et al., 2020)

Massruhá et al. (2017) ressaltam que na pré-produção tem-se a oportunidade de utilizar técnicas de modelagem, mineração de dados utilizando o alto desempenho dos computadores devido ao grande volume de dados, já na produção utiliza-se técnicas de sensoriamento remoto, SIG para automação das plantações e colheitas refletindo em uma agricultura de precisão e na robótica e pôr fim a pós-produção que faz uso do grande volume de dado armazenado para se orientar quanto ao mercado e a logística.

USABILIDADE DOS SENSORES NA AGRICULTURA

A inteligência artificial está revolucionando a agricultura, devido a busca incansável pela inovação, assim, os sensores estão sendo cada vez mais empregados nos satélites (orbitais), drones, robôs, máquinas agrícolas (autônomo), direto no campo interligados aos dispositivos da IoT e software de controle, gestão e análise (*data analytics*) (Souza et al., 2020). Sem falar do seu destaque na agricultura de precisão, onde auxiliam na coleta de dados, gerenciamento de informações e resultando nas aplicações localizadas por veículos autônomos, visando maximizar a produtividade, minimizar custos e impactos ambientais (Martha Júnior, 2020).

MONITORAMENTO DA LAVOURA

Os sensores espectrais remotos podem ajudar no monitoramento e detecção de doenças de plantas de grandes áreas, usando o grande banco de dados dos satélites, apesar do elevado número de informações as imagens apresentam baixa resolução espectral, pois as câmeras de RGB (red, green, blue) possuem capacidade limitada na detecção precoce de estresses, uma vez que suas imagens estão o espectro visível (Cubero et al., 2020). No entanto sensores capazes de capturar outras bandas do espectro além da visível, como câmeras multiespectrais, que captam de 3 a 5 bandas de espectro e hiperespectrais, as quais capturam separadamente centenas de bandas do espectro, tornam-se uma alternativa eficiente (Bolfe et al., 2020).

A extração de informações a partir de imagens digitais é definida como visão computacional no campo da inteligência artificial, ela pode ser empregada para resolver problemas perceptuais onde se detecta e classifica padrões em imagens associados a um objeto de interesse (frutos, animais, sintomas de pragas e doenças), por exemplo para detecção de cachos de uva em uma vinícola (Santos et al., 2020).

Ainda segundo Santos et al. (2020) outro problema que a visão computacional auxilia é o geométrico, ao tirar uma foto, a luz captada pelas lentes formam uma visão 2-D devido a perda da informação de profundidade, assim uma das maiores contribuições da visão computacional foi o desenvolvimento de algoritmos capazes de recuperar a informação tridimensional perdida, a partir de um conjunto de imagens da mesma cena, usualmente utilizada para estudos geológicos, avaliação de pastagens e no mapeamento de culturas.

A Redes de Sensores sem Fio (RSSF) podem monitorar grandezas (umidade, velocidade do vento, temperatura, intensidade luminosa, pressão, distância, direção, vazão dentre outras), são formados por nós de sensores, responsáveis por receber e processar os dados que estão interligados a uma conexão via rádio a um nó sorvedouro (*sink node*), responsável pela análise (Cavalcanti et al., 2020).

Segundo Cavalcanti et al. (2020), partindo do princípio da coleta de dados da umidade em tempo real, pode ser feito mapeamento da área e estabelecendo a necessidade de água de forma local, tem potencial para elevar a produtividade de frutíferas na região do São Francisco.

PREDIÇÕES METEOROLÓGICAS

As estações meteorológicas coletam dados de uma determinada região através de instrumentos e sensores, esses dados são enviados para computadores remotos, por meio de linhas telefônicas, rede GSM (*Global System for Mobile Communications*) ou outros meios de transmissão, onde são analisados e assim caracterizado o clima da região (Almeida Neto et al., 2018).

Cunha et al. (2019) ressaltam que como as previsões meteorológicas se baseiam em dados transmitidos por sensores é necessário manter os equipamentos calibrados, visando garantir a precisão dos dados assim como o alto grau de confiabilidade.

Existem dois tipos de estações meteorológicas manuais e automáticas, ambas fazem uso de diversos sensores para medir (temperatura do ar, umidade, pressão, precipitação, vento, radiação solar e terrestres) (Oliveira et al., 2019). As estações meteorológicas automáticas possuem vantagem em manter um contínuo registro de dados, pois utilizam sensores eletrônicos que alimentam o sistema de dados, denominado *datalogger*, e por serem dados informatizados, o produtor obtém informações em tempo real (Cunha et al., 2019).

Datalogger pode ser descrito como um equipamento auxiliar que coleta e armazena dados de outros instrumentos nele inseridos (Willrich, 2000). Assim, o agronegócio se beneficia desse equipamento em outras áreas, Souza et al. (2020) utilizou o equipamento para desenvolver um experimento avaliando a irrigação automática de substratos com diferentes características de retenção de água, onde obteve ótimos resultados. Lopes et al. (2020) realizou um experimento utilizando *Datalogger* para avaliar o desempenho operacional e o custo da subsolagem com e sem rodado duplo em trator agrícola, onde constatou que o custo/hora da subsolagem é menor com rodado duplo e com menor velocidade operacional.

VEÍCULOS AUTÔNOMOS

O uso de veículos autônomos na agricultura guiados pelos sistemas de posicionamento global (GPS), é feita a muitos anos, no entanto esse sistema não fornece informações sobre a dinâmica do ambiente como seres humanos, animais e veículos presentes na área o que causa um grande problema de segurança, assim diversos grupos de pesquisas vem desenvolvendo robôs guiados por sensores locais onde podem fornecer informações específicas de cor textura e estruturas (Reina et al., 2016). Essas informações podem ser utilizadas para aplicação de defensivos e nutrientes, no local e na quantidade certa sem a supervisão humana, buscando reduzir os custos (Bolfé et al., 2020).

No campo a implantação de sensores físicos individuais é cara e demorada, além de interferir nas operações de campo como: plantio, pulverização e colheita. Assim os veículos aéreos não tripulados (VANTs) estão cada vez ganhando mais espaço, pois oferecem análises avançada para a gestão de sistemas agrícolas (Jung et al., 2021). Nos últimos anos tornaram-se mais populares para o monitoramento de lavouras, visto que, o valor de aquisição diminui. Os equipamentos realizam coletas de imagens de alta qualidade, cobrem extensas áreas delimitadas, sendo considerados ótimas ferramentas de patrulha, o que torna possível detectar problemas antes que eles se espalhem (Barbedo, 2019).

Artuzo et al. (2017) relatam que os VANTs são fundamentais na agricultura de precisão, onde além de realizarem o georreferenciamento possuem o intuito de aprimorar os processos de amostragem de solo o que é indispensável para a criação dos mapas de fertilidades. Além disso realizam análise precisa de toda a plantação, detectando falhas de plantios, pragas e doenças, problemas de irrigação (déficit ou excesso) falhas de pulverizações, o que pode ser corrido e tempo hábil (Chiarello, 2017).

O FUTURO DO AGRONEGÓCIO

As tecnologias digitais na agricultura, enfrentam um grande desafio, pois os dados provenientes dessas tecnologias passam a ser coletados não somente a partir de meios convencionais, mas também a partir de plataformas colaborativas ou mídias sociais (ciência do cidadão), dentre outros (Souza et al., 2020).

Toda essa concentração de dados, remete a um desafio para os sistemas de retenção, busca e recuperação, e isso tem impacto nos métodos de processamento e obtenção de informação. Segundo Souza et al. (2020), se por um lado existe uma quantidade fértil de dados, por outro há grande discrepância no que diz respeito à capacidade de gerência e análise desses mesmos dados e, conseqüentemente, da produção de conhecimento a partir deles.

O autor afirma que isso se caracteriza, um panorama complicado em que a transformação de dados em informações e conhecimento assume um papel estratégico em todos os setores da economia e na agropecuária, em particular, uma vez que esse setor é estratégico para o Brasil. Todos esses dados

necessitam ser integrados, pré-processados e analisados para que deles se extraia conhecimento necessário ao estabelecimento da agricultura digital.

Outra informação interessante está contida no relatório da pesquisa que foi realizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) demonstrando que 84% dos agricultores no Brasil fazem uso de pelo menos uma tecnologia digital como ferramenta de suporte na produção agrícola (Bolfé et al., 2020).

Bolfé et al. (2020) ressalta como a capacidade de comunicação e de acesso à informação que a internet tem propiciado para que os agricultores tenham acesso as tecnologias digitais, aplicativos de celular, drones, dentre outros. O que visa proporcionar como oportunidade, processos mais qualificados no que tange a maximizar o acesso a mercados, diminuição dos custos e tornar a produção com maior valor agregado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto a magnitude das principais tecnologias digitais utilizadas na agricultura, enfatizando a inteligência artificial, demonstrado seus benefícios e sua influência na tomada de decisão, pode-se perceber, há um futuro de muitas incertezas, desafios, mas ao mesmo tempo de muitas oportunidades.

O agronegócio está acompanhando todo esse desenvolvimento tecnológico que é uma tendência e não há regressão, o setor agrícola está passando da era da coleta de informações para era do conhecimento colocando em pratica os aprendizados adquiridos até aqui. No entanto, há que se pensar que muitos desafios foram enfrentados e vários ainda surgirão.

Neste sentido, verificou-se que as tecnologias descritas neste capítulo, são excelentes ferramentas para a agricultura aumentar a produtividade das áreas plantadas de forma sustentável a fim de suprir a necessidade populacional de se alimentar, uma vez que os agricultores estão cada vez mais receptivos em utilizar as novas tecnologias e elas contribuirão para a boa gestão do agronegócio em todas as suas fases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Neto EL et al. (2018). Estação meteorológica wifi de baixo custo baseado em thingspeak. In: VII Congresso Brasileiro de Energia solar e eólica. 1. ed: 1(1): 422-430.
- Alreshidi E (2019). Smart Sustainable Agriculture (SSA) Solution Underpinned by Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 10(5): 93-102.
- Andritoiu D et al. (2018). Agriculture autonomous monitoring and decisional mechatronic system. In: 2018 19th International Carpathian Control Conference (ICCC). IEEE. 241-246p.

- Artuzo FD et al. (2017). Inovação de processo: O impacto ambiental e económico da adoção da agricultura de precisão. *Espacios*, 38(2): 1-6.
- Aulbur W et al. (2019). *Farming 4.0: How precision agriculture might save the world*. Munich, Germany: Roland Berger GMBH, 32p.
- Barbedo JGA (2019). A Review on the Use of Unmanned Aerial Vehicles and Imaging Sensors for Monitoring and Assessing Plant Stresses. *Drones*, 3(2): 1-40.
- Barbedo JGA et al. (2014). TIC na segurança fitossanitária das cadeias produtivas. In: Massruhá SMFS et al. (ed). *Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 189p.
- Becker RS et al. (2021). Inovações tecnológicas em máquinas agrícolas para controle de plantas daninhas. *Tecnológica*, 25(1): 98-108.
- Bojanic A (2020). O mundo vai precisar muito do Brasil. Disponível: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2020/08/03/o-mundo-vai-precisar-muito-do-brasil/>. Acesso: 03 de dezembro de 2020.
- Bolfe EL et al. (2020). Desafios, tendências e oportunidades em agricultura digital no Brasil. In: Massruhá SMFS et al., (Ed.). *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília, DF: Embrapa, 380-406.
- Bona et al. (2015). Measuring inconsistency in probabilistic logic: rationality postulates and Dutch book interpretation. *Artificial Intelligence*, 1(227): 140-164.
- Bronson K et al. (2016). Big Data in food and agriculture. *Big Data & Society*, 3(1): 1-5.
- Cavalcanti AJFN et al., (2020). Validação de uma rede de sensores sem fio aplicada à fruticultura irrigada do vale do São Francisco. *Brazilian Applied Science Review*, 4(5): 2763-2780.
- Chiarello CGF (2017). *Regulação dos veículos aéreos não tripulados para agricultura no Brasil: das competências normativas*. Universidade de Passo Fundo (Dissertação), Passo Fundo. 159p.
- Coble KH et al. (2018). Big Data in Agriculture: A Challenge for the Future. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 40(1): 79- 96.
- Constantinescu A (2017). Neuro-fuzzy concepts applied for planning of the cereal crops: applications to the maize hybrids growing in a Romanian region. *Journal of biological dynamics*, 11(1): 1-7.
- Cubero S et al. (2020). RobHortic: A Field Robot to Detect Pests and Diseases in Horticultural Crops by Proximal Sensing. *Agriculture*, 10(7), 1-13.
- Cunha KCS et al. (2019). A logística para a calibração de uma estação meteorológica. *Metrologia Florianópolis SC*. 8p.
- Embrapa (2019). Embrapa, Agricultura e Inteligência Artificial serão inseparáveis. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/-agricultura-e-inteligencia-artificial-serao-inseparaveis-_415434.html. Acesso em: 20 de novembro de 2020.

- Germanova AV (2019). O papel do consumidor e as tendências da alimentação: de que forma influenciam a segurança alimentar. Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa (Dissertação), Porto. 55p.
- Góes BC et al. (2020). Método de utilização do Fuzzy Logic Toolbox do software MATLAB para modelagem matemática de variáveis biométricas e nutricionais da cultura da soja. *Research, Society and Development*, 9(10): 1-17.
- Gomes SD (2010). Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações. *Revista Olhar Científico – Faculdades Associadas de Ariquemes*, 1(2): 1-13.
- Jung J et al. (2021). The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 70(1): 15-22.
- Kaufman D et al. (2020). Visão computacional na agricultura: APIs de detecção e reconhecimento de doenças das plantas. *TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, 20.
- Lavagnoli S (2019). Como Surgiu a Inteligência Artificial. Disponível em: <https://www.opencadd.com.br/como-surgiu-a-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 20 de novembro de 2020.
- Lopes AGC et al. (2020). Desempenho operacional e custo da subsolagem com e sem rodado duplo no trator agrícola. *energia na agricultura*, 35(3): 317-329.
- Luger GF (2014). *Inteligência Artificial*. 6ª Ed., São Paulo: Pearson.
- Martha Júnior GB (2020). Forças motrizes para a agropecuária brasileira na próxima década: implicações para a agricultura digital. In: Massruhá SMFS et al. (2020) (Orgs.). *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília, DF: Embrapa, 358-379p.
- Massruhá SMFS et al. (2015). Tecnologias da informação e da comunicação: o papel na agricultura. *AgroANALYSIS: A Revista do Agronegócio da FGV, São Paulo*, 35(9): 29-31.
- Massruhá SMFS et al. (2016). Agricultura Digital. *RECODAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã*, 2(1): 72-88.
- Massruhá SMFS et al. (2017). Agro 4.0 – Rumo à agricultura digital. *JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil*, 28-35.
- Moreti MP et al. (2020). Inteligencia Artificial Intelligence in Agribusiness and the Challenges for Intellectual Property Protection. *Cadernos de Prospecção*, 14(1): 1-10.
- Oliveira SS et al. (2019). Estimativa da radiação solar global em função da temperatura do ar e isolinhas para o Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 6(12): 93-108.
- Organização das nações unidas (ONU). População mundial continua a aumentar, mas crescimento é desigual. Disponível: <https://news.un.org/pt/story/2019/07/1679631>. Acesso: 20 de novembro de 2020.

- Pozzebon E. et al. (2004). Inteligência artificial na educação universitária: quais as contribuições? Rev. CCEI (Editora UNICAMP), 8(13): 34-41.
- Reina G et al. (2016). Ambient awareness for agricultural robotic vehicles. Biosystems Engineering, 146(1): 114-132.
- Salcides IR et al. (2018). Classificação de amostras de café usando visão computacional. Fifth Brazilian Conference on Fuzzy Systems (V CBSF). Fortaleza, 117-125p.
- Santos TT et al. (2020). Visão computacional aplicada na agricultura. - Portal Embrapa. 6 cap. 19p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126261/visao-computacional-aplicada-na-agricultura>>. Acesso em: 3 dezembro de 2020.
- Sousa WL et al. (2020). Avaliação de um acionador automático para irrigação em substratos agrícolas com diferentes características de retenção de água / Evaluation of an automatic control of irrigation in substrates with different characteristics of water retention. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 3(4): 3944-3956.
- Souza KXS et al. (2020). Agricultura digital: definições e tecnologias. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. (ALICE). Brasília, DF: Embrapa, 406p.
- Souza KXS et al. (2020). Agricultura digital: definições e tecnologias. In: Massruhá SMFS et al., (Ed.). Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa, 46-66.
- Ternes S et al. (2020). Computação científica na agricultura. Embrapa Informática Agropecuária-Capítulo em livro científico (ALICE), 25p.
- Willrich R (2000). Sistema multimídias distribuídos. Departamento de Informática e Estatística. Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação). Florianópolis. 249p.
- Wolfert S et al. (2017). Big data in smart farming—a review. Agricultural Systems, 153: 69-80.

Principais conceitos da agricultura 4.0

 10.46420/9786588319987cap4

Paulo César Ferreira^{1*} 

Carlos Guida Anderson¹ 

Paulo Henrique de Siqueira Sabino¹ 

Fernando Ferrari Putti² 

Bruno Cesar Goes¹ 

INTRODUÇÃO

No início dos tempos, o homem vivia de tudo aquilo que a natureza lhe oferecia e era considerado nômades migrando para outros lugares a procura de abrigo e comida, sendo estas proveniente de pesca e caça (Silva, 2018).

Conforme o passar dos anos, por volta entre 5000 e 8000A.C surgiram alguns obstáculos migratórios que ocasionaram na busca por novas alternativas para sua alimentação que culminaram nas primeiras ferramentas dando início as práticas agrícolas (Feldens, 2018). Desse modo, devemos à agricultura a manutenção da existência do ser humano na terra, pois por meio da oferta de alimento possibilitou o aumento populacional (Paterniani, 2006).

Nesse sentido, é pouco perceptível a evolução no processo da produção agrícola até meados do século XIX, quando ocorreram intensas mudanças tecnológicas, sociais e econômicas que receberam o nome de Revolução Verde (Veiga, 1991).

Podemos separar a agricultura em quatro fases: sendo a Agricultura 1.0 com característica de baixa produção, conhecida como agricultura tradicional; a Agricultura 2.0 que marca o início da utilização de máquinas com motores a combustão; a Agricultura 3.0 com a utilização do georreferenciamento, conhecida como Agricultura de Precisão; e finalmente a partir de 2010 a Agricultura 4.0 que incorpora todas as tecnologias anteriormente usadas e adiciona a automação e a conectividade ao processo de produção (Massruhá et al., 2016; Miranda et al., 2017; Santos, 2019).

Nesse sentido, coube à agricultura a condição para fixação do homem em determinadas regiões para produção do seu próprio alimento, ocasionando no incremento da população e surgimento de novas técnicas de cultivo para aumento da sua produtividade agrícola (Ribeiro et al., 2018).

¹ Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Departamento de Agronomia, Alfenas-MG.

² Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã-SP.

*Autor(a) correspondente: paulo.ferreira@aluno.unifenas.br

Por sua vez, existe um grande desafio para agricultura em produzir alimentos de forma sustentável atendendo a demanda crescente da população, possibilitando o aumento do grau de a inovação tecnológica no campo para o desenvolvimento econômico e aumento de produtividade com sustentabilidade (Castanho et al., 2017; Bassoi et al., 2019).

A aplicação da agricultura 4.0 se consolida pelo conhecimento da informação do campo em tempo real, o que auxilia na tomada de decisão, na economia de tempo e recursos, e representa a chegada da internet das coisas (IoT) no campo, sendo esses um dos grandes atrativos da agricultura 4.0, aliada a melhor produtividade agrícola de maneira sustentável e eficiente (Simões et al., 2017; Esperidião et al., 2019; Zapparoli, 2020).

O pilar da Agricultura 4.0 é a inovação tecnológica, de tal maneira, que o setor busca incessantemente pela igualdade dos equipamentos e condições de investimento em modernização para os agricultores no intuito de cooperar para o aumento da produção, sem perder a qualidade dos produtos e com foco na redução de custos, e cada vez mais de forma sustentável (Ribeiro et al., 2018).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma abordagem dos principais conceitos de agricultura 4.0, sendo de tamanha relevância para o crescimento do agronegócio brasileiro.

AGRICULTURA 4.0

O termo agricultura 4.0 originou-se da indústria 4.0, onde teve início em 2011, a partir da Conferência de Hannover, definida como a integração das tecnologias com os modelos de negócios e processos de produção (Ribeiro et al., 2018).

Por sua vez, a revolução tecnológica não ficou limitada às apenas para as fábricas e processos industriais, mas também se expandiu para outros setores como a agricultura trazendo inúmeros benefícios aprimorando a capacidade de captar e processar informações no que se refere a tomada de decisões para os produtores durante a produção agrícola (Ribeiro et al., 2018).

No entanto, o grande desafio imposto à agricultura será atender à crescente demanda por alimentos em virtude do aumento da população, frente as mudanças climáticas e a pressão dos ambientalistas por limitar a expansão das fronteiras agrícolas, e por uma produção cada vez mais sustentável ambientalmente (Villafuerte et al., 2018). Nesse sentido, o grande volume de dados fornecidos pela agricultura e pecuária na agricultura digital, tem contribuído para o sucesso do produtor rural na tomada de decisão, após a análise dos dados pelos algoritmos, melhorando a qualidade da produção e sua produtividade no campo (Villafuerte et al., 2018).

Sendo assim, a agricultura 4.0 faz referência ao processo de automação e aplicação da tecnologia da informação nos processos de produção de alimentos no campo, no qual aos poucos ocorre a substituição do trabalho humano pelo uso de inteligência artificial, como softwares de gerenciamento da produção que reduz o número de erros e falhas, além de proporcionar melhor qualidade ao produto com economia de custos (Ribeiro et al., 2018; Esperidião et al., 2019).

As principais tecnologias oriunda dessa nova agricultura são Big Data Analytics, serviço em nuvem, impressão 3D, segurança cibernética, robôs autônomos, *Internet of Things* (IoT), *Cloud Computing*, *Machine Learning*, sensores sem fio, realidade aumentada, simulação, drones, integração horizontal e vertical, permitindo o monitoramento e tomada de decisão utilizando tecnologias como: computação de rede, onipresente e sensível, navegação por satélite e sensores (Ribeiro et al., 2018; Villafuerte et al., 2018).

O aumento da produtividade e a melhoria na saúde financeira das empresas rurais com a agricultura 4.0 já são percebidos por grande parte das propriedades rurais que empregam essa nova agricultura no campo, e no futuro poderá garantir uma agricultura sustentável, onde se praticará preços justos e a proteção ambiental (Zaparolli, 2020).

Para entender a agricultura 4.0 é importante lembrar do pilar que a sustentou, a agricultura de precisão, cujo objetivo era otimizar os sistemas de produção e as lavouras, teve como principal instrumento o GPS (*Global Positioning System*), no qual, permitiu localizar as máquinas e equipamentos e informar dados instantâneos de produção (Villafuerte et al., 2018).

Um dos grandes desafios é a padronização tecnológica, visto que os equipamentos e softwares produzidos por várias empresas não apresentam compatibilidade o que torna difícil, a troca de informações entre equipamentos de empresas diferentes (Ribeiro et al., 2018). A interoperacionalidade entre os softwares e equipamentos é um grande obstáculo a efetivação da agricultura 4.0 (Zaparolli, 2020).

A EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO RURAL

A Agricultura 1.0 surgiu no século XX com a tração animal sendo a mais utilizada nas atividades realizadas no campo. Logo, evolui para a Agricultura 2.0, no qual a tração animal foi substituída pelo motor de combustão, ou seja, as máquinas agrícolas. No transcorrer dos anos, a Agricultura evolui para 3.0 com o desenvolvimento do sistema *Global Positioning System* (GPS) utilizado para um melhor gerenciamento do plantio. E finalmente, a última revolução foi a Agricultura 4.0, onde integrou a tecnologia da informação com a automação através do uso de máquinas, robôs, veículos, drones, entre outros equipamentos (Santos et al., 2019).

No decorrer dos anos, houve um aumento expressivo na população humana alcançando e consequentemente, aumentou a demanda por alimentos, fazendo com que os produtores se reinventassem com novas técnicas agrícolas e investimentos em tecnologias, produzindo de forma sustentável e numa área de plantio igual ou inferior da cultura (Ribeiro et al., 2018).

Essa inovação tecnológica contribui para a produtividade, eficiência no uso dos insumos agrícolas, na redução de custos, qualidade dos produtos, segurança dos colaboradores e nos impactos ambientais (Ribeiro et al., 2018).

OS BENEFÍCIOS E IMPORTÂNCIA PARA O PRODUTOR RURAL

No decorrer dos anos, com o aumento da população, houve uma alta demanda por alimentos, fazendo com que os produtores descobrissem novos meios para aumentar sua produtividade, sem desperdícios, diminuindo seus custos e de forma mais sustentável (Ribeiro et al., 2018).

A tecnologia proporciona maior eficiência no que tange a utilização mínima necessária dos insumos e da água aplicadas em áreas específicas, podendo assim, aplicar de forma homogênea nos campos (Ribeiro et al., 2018). A revolução tecnológica chegou ao campo para apoiar os produtores na tomada de decisão, como exemplo temos a navegação por satélite, informações em tempo real, softwares de gerenciamento (Esperidião et al., 2019).

A agricultura de precisão é um dos pilares da agricultura 4.0, ela permite através de informações locais identificar a demanda específica da planta ou rebanho, o que permite a utilização otimizada dos recursos (Ribeiro et al., 2018).

Da mesma forma que a utilização de sensores, câmeras, GPS e algoritmos inteligentes podem controlar máquinas e equipamentos, podem avaliar a escassez hídrica e indicar ações que buscam prevenir danos ao meio ambiente (Simões et al., 2017). Os softwares de georreferenciamento permitem a interpretação da imagem identificando o problema, facilitando a tomada de decisão por parte dos produtores (Pixforce, 2018).

Outras inovações: impressão 3D de alimentos, cultivo da carne, modificação genética e agricultura com água do mar, são inovações em estágios iniciais. Deste modo, seria provável cultivar alimentos em áreas áridas, assegurando o uso de recursos limpos e abundante como é o caso do sol e da água do mar (Ribeiro et al., 2018).

O ponto principal está em coletar mais dados e mensurar a produção, no intuito de acompanhar a qualidade do solo, os níveis de irrigação, clima, presença de insetos e pragas. Sendo os dados coletados por sensores em tratores, drones ou imagens por satélites (Ribeiro et al., 2018).

O uso de novas tecnologias visa a eficiência produtiva, uma vez que os insumos são usados de forma racional, há redução nos custos com a mão de obra e proteção ao meio ambiente (Ribeiro et al., 2018).

Com uma população prevista de 9,8 bilhões em 2050, é fundamental, neste momento a aplicação de novas tecnologias na agropecuária para que se garanta a alimentação para todas estas pessoas (Zaparolli, 2020). Outro fator importante, é a sustentabilidade, que é uma demanda dos consumidores mundo afora, onde poderá ser assegurada pelo impacto tecnológico promovido pela agricultura 4.0 (Esperidião et al., 2019).

TECNOLOGIAS PRESENTES NA AGRICULTURA 4.0

A indústria 4.0 extrapolou sua influência para a agricultura, o produtor rural tem a possibilidade de sua rotina ser transformada do meio físico para o digital, o acompanhamento da produção e a tomada de decisão passaram a ser mais precisas e menos prejudiciais ao meio ambiente (Esperidião et al., 2019).

A disponibilização da informação ou Big Data é fundamental, o conhecimento deve chegar a todos para evitar exclusão ou distanciamento entre os grupos sociais e, em um mundo capitalista, a informação é o principal insumo (Simões et al., 2017).

O Big Data que é o grande volume de dados e *Cloud Computing* o armazenamento de grandes volumes de informação, juntos vieram para facilitar a tomadas de decisão dos produtores, pois permite que as mesmas sejam realizadas com base em informações reais e instantâneas com base em sensores de temperatura, umidade, pressão, câmeras acopladas em drones e máquinas agrícolas (Villafuerte et al., 2018).

Os processadores ficam cada dia mais adaptados as necessidades impostas pelo setor produtivo, a inteligência artificial veio para auxiliar no processo de desenvolvimento da produção, o termo *machine learning* ou aprendizado das máquinas nunca foi tão efetivo na agropecuária (Villafuerte et al., 2018).

A EMBRAPA, em parceria com empresas do setor privado, promove o desenvolvendo de veículos aéreos não tripulados (VANT) que podem detectar a presença de pragas, déficit hídrico, problemas nas culturas e danos ambientais, que acarreta economia e proteção ambiental (Esperidião et al., 2019).

Um dos avanços da agricultura 4.0 é a identificação por imagem de problemas ou adversidades durante o processo produtivo em lavouras e rebanhos, isso só foi possível com a utilização de VANTs (Veículos aéreos não tripulados) que além de ser pontual a localização do problema o faz de forma mais rápida e simples (Villafuerte et al., 2018).

As imagens captadas pelos VANTs quando associadas as plataformas de inteligência geográficas possibilita a interação de informações como a gestão da propriedade, a utilização de uma agricultura de precisão e o acompanhamento do desenvolvimento da lavoura (Pixforce, 2018).

A utilização de drones é cada vez mais comum, pois reduz os danos na lavoura e permitem o monitoramento em tempo real, hoje, alguns são equipados com reservatórios para aplicação de herbicidas em áreas específicas da lavoura (Ribeiro et al., 2018).

PRINCIPAIS INOVAÇÕES: INTERNET DAS COISAS – IOT

A Internet das Coisas (IoT) é um conjunto de sensores inteligentes interligados, com a função de captar, processar e transformar as informações (dados) para outros dispositivos e atender as suas necessidades (couto, 2019). o termo internet das coisas (iot) pode ser dividido como a internet, uma extensa rede que conecta computadores e máquinas e as “coisas” que são os objetos, que quando conectados podem proporcionar novos serviços e valores (Miorandi et al., 2012).

Dentro dessa conjuntura, várias tecnologias fazem parte da IoT, desde a captação de dados por meio de sensores até a visualização das informações em serviços inteligentes, são elas: Radio-Frequency Identification (sistema de identificação por radiofrequência), Wi-Fi (tecnologia que permite os dispositivos se comuniquem e troquem informações de maneira sem fio), Bluetooth (tecnologia sem fio de curto alcance), *Near Field Communication* (Comunicação por Campo de Proximidade), entre outras

A agricultura 4.0 começou a ter mais ênfase a partir da intensa digitalização de informações e comunicação direta entre sistemas, máquinas, produtos e pessoas (Gomes, 2020). Essa interação se conecta à internet com o objetivo de informar sua situação atual, receber instruções e inclusive realizar ações com as informações recebidas, ou seja, monitorar e gerenciar operações, principalmente de pragas ou doenças nas plantações (Embrapa, 2017).

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) não necessita da supervisão de pessoas, são programas que tentam copiar os seres humanos em análises e interpretação de dados, porém com uma capacidade excepcionalmente superior (Moreti et al., 2021).

O agronegócio vem se destacando na economia nacional, tem sido protagonista na participação do Produto Interno Bruto (PIB), principalmente no que tange as exportações, assim gerando empregos e renda para a sociedade. E parte desse sucesso está na revolução e desenvolvimento tecnológico do setor, no qual, auxiliam e tornam os processos cada vez mais inteligentes (Buranello, 2011).

A Inteligência Artificial (IA) está estruturada em conjuntos de algoritmos programados em máquinas, que são capazes de aprender, tomar decisões e resolver problemas. É um segmento da computação que foi impulsionado principalmente pelo desenvolvimento da internet e *Big Data*, proporcionando benefícios como o monitoramento das lavouras, previsão meteorológica e veículos autônomos (Moreti et al., 2021).

SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto teve início por volta de 1960 por Evelyn L. Pruitt, uma tecnologia que coleta dados automaticamente para o levantamento e monitoração dos recursos terrestres (Meneses et al., 2012). O sensoriamento remoto na agricultura aplica-se na relação da radiação eletromagnética com a planta ou solo, ou seja, abrange a medição da radiação refletida, ao invés da transmitida ou absorvida (Basso et al., 2019).

As técnicas aplicadas no sensoriamento remoto são de extrema importância para análises como a estimativa de produtividade, previsão do tempo, avaliação nutricional, detecção de pragas e necessidade hídricas das plantas (Shiratsuchi et al., 2014).

BIG DATA

Atualmente, o mundo gera dados a todo instante, como por exemplo, nas redes sociais, no acesso a sites de compras, localização, transações *on-line*, internet das coisas, *wearable*, movimentações das fazendas, como contas a pagar e a receber, estoque, manutenção, custos e despesas de lavouras, mão de obra, etc. E as empresas que convertem esses dados em informações úteis, conseguem várias vantagens competitivas no mercado, principalmente em relação aos seus concorrentes (Sivarajah et al., 2017).

Diante do exposto, esses dados gerados são conhecidos como Big Data, são formados por novas tecnologias através da coleta, processamento e armazenamento de um grande conjunto de dados (Ribeiro et al., 2020).

A produção em larga escala tem investido cada vez mais na agricultura 4.0, como na agricultura de precisão, automação, robótica, VANT, no que tornam-se as chamadas *Smart Farms*, ou seja, Fazendas Inteligentes. Esse grande desafio, gera grandes informações, e que podem ser gerenciados apenas através de ferramentas como big data e computação em nuvens (Simões et al., 2017).

E para armazenar esse grande volume de dados, muitos utilizam a computação em nuvem (*cloud computing*, em inglês), é uma tecnologia que acessa programas, arquivos e serviços por meio da internet, sem a necessidade de grandes investimentos de hardware e software (Massruhá et al., 2020).

BIOTECNOLOGIA

A biotecnologia é um processo biológico para obtenção de bens, como por exemplo, os alimentos, por meio do processo de fermentação, e também os medicamentos em geral, empregando o uso de células vivas e seus derivados sintéticos, tal como os aminoácidos e enzimas (Vargas et al., 2018). Outros benefícios são a fermentação para a produção de vinhos, cervejas, pães e queijos; a produção de fármacos, vacinas, antibióticos e vitaminas; podem utilizar como biofungicidas para o controle biológico de pragas e doenças; usado também microrganismo visando a degradação dos lixos e esgotos; e para o desenvolvimento genético de plantas e animais (Faleiro et al., 2011).

Com o avanço da biotecnologia, a sociedade tem muito a ganhar, no qual, podemos citar o problema da alimentação humana. Devido as crescentes pesquisas, a produção anual de alimentos está aumentando a cada período, podendo assim, satisfazer as necessidades humana cada vez mais, com alimentos sustentável, econômicos e de qualidade (Saath et al., 2018).

Portanto, a biotecnologia faz-se essencial para dentro do processo da agricultura, visando maiores produções com o uso eficiente dos recursos naturais (Vieira Filho et al., 2016).

CENÁRIO DO BRASIL

Com o avanço da ciência e tecnologia, o Brasil se tornou o terceiro maior país exportador de produtos agrícolas do mundo, ficando atrás apenas do Estados Unidos e União Europeia (Embrapa, 2018).

O Brasil, com seu protagonismo edificado no agronegócio, promove a disseminação do uso de tecnologias no campo como forma de garantir a manutenção deste status visto que a demanda por alimentos e por respeito ao meio ambiente são crescentes (Simões et al., 2017). As tecnologias são aplicadas em sua grande maioria entre os produtores de commodities como a soja, milho, café, cana-de-açúcar e carnes (Zaparolli, 2020).

As maiores multinacionais no setor do agronegócio estão presentes no Brasil, o que de certa forma pode garantir uma vantagem competitiva e garantir a hegemonia na produção de alimentos. (Villafuerte et al., 2018).

Em relação a área agricultável, é o maior país do mundo com capacidade de expansão, contudo, a intensificação produtiva deve ser sustentável para atender a demanda e proteger o meio ambiente (Simões et al., 2017).

O Brasil passou a modernizar máquinas e o uso de fertilizantes, o que garantiu menores perdas e mais rapidez no plantio e na colheita, cabe ressaltar que durante décadas as boas práticas culturais como a fixação de nitrogênio e o plantio direto contribuíram sobremaneira para a instalação de uma agricultura digital (Villafuerte et al., 2018).

Mesmo com uma excelente posição a nível mundial, o Brasil enfrenta grandes dificuldades como os desperdícios de alimentos, alteração no clima, escassez de recursos naturais e o crescimento demográfico (Clercq et al., 2018).

A falta de acesso à internet no campo, também é, sem dúvidas, o maior gargalo para a difusão em massa da agricultura 4.0 no Brasil (Villafuerte et al., 2018). Hoje, em sua maioria, o produtor rural no Brasil, trabalha em modo off-line, as informações operacionais são processadas somente quando são levadas para a sede da fazenda por meio de pen drive ou dispositivos de armazenamento afins (Zaparolli, 2020).

A falta de investimento em recursos na área de telecomunicações no campo e o pequeno número de profissionais capazes de gerenciar as ferramentas digitais são os grandes gargalos para a difusão da agricultura 4.0 (Esperidião et al., 2019). Mesmo com a falta de infraestrutura de telecomunicações no campo, de acordo com o último Censo do IBGE, houve um aumento de 1900% entre os produtores que passaram a utilizar o acesso de dados por meio de dispositivos eletrônicos para a tomada de decisões no campo (Zaparolli, 2020).

Deve haver um esforço conjunto entre a iniciativa pública e privada para promover a expansão de torres de telecomunicações no campo contribuindo de fato para que a agricultura 4.0 se estabeleça no Brasil e, de acordo com levantamento feito pela Embrapa Inovação é necessário a instalação de pelo menos 16 mil torres de telecomunicações para atingir 90% das propriedades rurais (Zaparolli, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura de forma geral tem um papel extremamente importante no desenvolvimento econômico e social.

Com o aumento da população, houve uma demanda maior por alimentos e para atender essa demanda foi necessário o incremento de técnicas produtivas. Algumas dessas técnicas produtivas foi se desenvolvendo com o auxílio das novas tecnologias no campo, para produzir alimentos de forma mais eficiente sem perder a qualidade.

As tecnologias proporcionam aos agricultores e gestores do campo tomadas de decisões cada vez mais assertivas e rápidas, pois as informações são geradas em tempo real e com um nível de detalhe e análise muito grande, no qual, em outros tempos não tinham essa praticidade e tomavam suas decisões em experiência antepassadas.

A tecnologia no campo, ainda possui uma lacuna importante a ser preenchida, é a falta de infraestrutura de telecomunicação na zona rural.

Outro fator considerável, é que a tecnologia proporciona um aumento da produtividade, qualquer que seja a cultura, em contrapartida, estão exigindo uma mão de obra mais qualificada para operar as máquinas e equipamentos no campo e até mesmo na elaboração de análises das grandes informações disponíveis.

A falta de padronização tecnológico é um ponto crucial dentro da agricultura 4.0, pois a maioria dos softwares não fazem uma integração harmônica, isso é prejudicial no desenvolvimento tecnológico das fazendas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bassoi LH et al. (2019). Agricultura de precisão e agricultura digital. TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, 0(20): 17-36.
- Castanho RB et al. (2017). A evolução da agricultura no mundo: da gênese até os dias atuais. Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium, 8(1): 136-146.
- Clercq MD et al. (2018). Agriculture 4.0: the future of farming technology. World Government Summit, 1(1): 1-30.
- Couto MN (2019). Agricultura 4.0: protótipo de um internet of things (IoT) na cultura da *Lactuca sativa*. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Trabalho de Conclusão de Curso), Medianeira, 60p.
- Embrapa (2018). Visão 2030 - O futuro da agricultura brasileira. Brasília: EMBRAPA, 212p.
- Esperidião T et al. (2019). Agricultura 4.0: Software de gerenciamento e produção. Revista Pesquisa e Ação, 5(4): 122-131.
- Faleiro FG et al. (2011). Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 729p.

- Feldens L (2018). O homem, a agricultura e a história. 1 ed. Lajeado: Editora Univates. 171p.
- Gomes MG (2020). Ganhos na eficiência econômica, Ambiental e Social com a implantação da inteligência artificial na operação de barragens- rumo aos princípios da indústria 4.0. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Nove de Julho (Dissertação), São Paulo, 107p.
- Massruhá SMFS et al. (2017). Agro 4.0 - rumo à agricultura digital. Brasília: EMBRAPA. 1(1): 28-35.
- Massruhá SMFS et al. (2020). Agricultura Digital - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação nas Cadeias Produtivas. Brasília: EMBRAPA. 406p.
- Massruhá SMFS et al. (2016). Agricultura Digital. RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, 2(1): 72-88.
- Meneses PR et al. (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: UNB, 276p.
- Miorandi D et al. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. Ad Hoc Networks, 10(7): 1497–1516.
- Miranda ACC et al. (2017). Agricultura de Precisão: Um mapeamento da base da Scielo. Revista Eletrônica de Gestão Organizacional, 15(1): 129-137.
- Moreti MP et al. (2021). Inteligência Artificial no Agronegócio e os Desafios para a Proteção da Propriedade Intelectual. Cadernos de Prospecção, 14(1): 60-77.
- Paterniani E et al. (2006). Ciência, Agricultura e Sociedade. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 503p.
- Ribeiro JG et al. (2018). Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. Simpósio de Engenharia de Produção SIENPRO, 1(1): 1-7.
- Ribeiro RRR et al. (2020). O risco climático na agricultura do Brasil no contexto de ferramentas de busca (big data). Territorium, 1(27): 21–27.
- Saath KCO et al. (2018). Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, 56(2): 195–212.
- Santos RF (2019). O crédito rural na modernização da agricultura brasileira. Revista de Economia e Sociologia Rural, 26(4): 393-404.
- Santos TC et al. (2019). Agricultura 4.0: software de gerenciamento de produção. Revista Pesquisa e Ação, 5(4): 122–131.
- Shiratsuchi LS et al. (2014). Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. Ferramentas para Agricultura de Precisão, 1(1): 58-73.
- Silva EM (2018). A Gênese sócio-histórica do homem e a revolução neolítica. Revista de Ciências Humanas ReAGES, 1(2): 12-30.
- Simões M et al. (2017). A serviço da sustentabilidade e da agricultura. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa: MG, 43(2): 49-53.

- Sivarajah U et al. (2017). Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. *Journal of Business Research*, 70(1): 263–286.
- Soluções Inteligentes. Grupo Precisa Geoplanojamento e Consultoria. Disponível em: <<https://www.grupoprecisa.com.br/>>. Acesso em 27 de abril de 2021.
- Vargas BD et al. (2018). Biotecnologia e alimentos geneticamente modificados: uma revisão. *Revista Contexto & Saúde*, 18(35): 19–26.
- Veiga JE (1991). O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo: HUCITEC. 240p.
- Vieira Filho JER et al. (2016). Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília: IPEA, 391p.
- Villafuerte A et al (2018). Agricultura 4.0: Estudo da inovação disruptiva no agronegócio brasileiro. 9º International Symposium on Technological Innovation. Aracajú: SE.
- Zaparolli D (2020). Agricultura 4.0. *Revista Pesquisa Fapesp, Especial Agricultura Digital*: São Paulo, 1(287): 1-9.

Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta

 10.46420/9786588319987cap5

Lidiany dos Santos Soares^{1,2*} 

Viviane Maria Ruela¹ 

Tiago Teruel Resende¹ 

Adriano Bortolotti da Silva¹ 

INTRODUÇÃO

Diversos estudos demonstram o relevante papel do agronegócio na transformação do meio rural, da economia e da sociedade como um todo. A partir da década de 1960, o Brasil ocupou uma nova posição no mercado mundial, passando de importador de alimentos a um dos maiores exportadores mundiais e o agronegócio assumiu forte representatividade na economia brasileira com a expressiva participação no PIB nacional, que significou 21,4% no ano de 2019 (Cepea, 2019). Neste contexto, há o desenvolvimento de diversos agentes em uma cadeia produtiva geradora de riquezas, empregos, distribuição de renda e melhores condições de subsistência, o que demonstra a capacidade do agronegócio de atuar como o “motor do desenvolvimento” de um país.

Dentre os fatores que contribuíram para as mudanças ocorridas nesta conhecida revolução verde, temos a realização de pesquisas de melhoramentos genéticos, a mecanização do campo, uso de novas tecnologias, dentre outros, o que resultou no aumento da produtividade agrícola e também pecuária (Mendonça et al., 2018). Além disto, a Embrapa criada no início da década de 1970, assim como outras instituições públicas, têm participação fundamental na criação e difusão de inovações para a agropecuária, com ações que fomentaram a expansão agrícola, especialmente em regiões do cerrado (Gasques et al., 2014).

Estudo realizado por Navarro (2016) aponta a agropecuária brasileira como uma “máquina para geração de riquezas” que agrega diversos participantes econômicos formando uma cadeia de possibilidades para os mercados interno e externo e garantindo produtividade e rentabilidade. Nesta mesma perspectiva, Gasques et al. (2014) identificou que no período de 1975 a 2014, a agropecuária brasileira registrou elevados aumentos e tanto a produção agrícola como a pecuária passaram por transformações que tornaram o país, reconhecidamente líder na produção de itens como o suco de laranja, cana-de-açúcar, soja, café, carne, milho, biocombustíveis, além de outros produtos.

¹ Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Departamento de Agronomia, Alfenas-MG

² Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Machado-MG
Autor(a) Correspondente: lidysts@gmail.com

Nesse sentido o aumento da produção agrícola proporcionou maior eficiência produtiva conforme demonstra a Figura 1, pois enquanto a produção aumentou quase 3 vezes no período de 1990 a 2016, a área plantada aumentou apenas 1,54 vezes no mesmo período, demonstrando melhor aproveitamento da terra com o uso de tecnologias e consequentemente, aumento de rentabilidade.

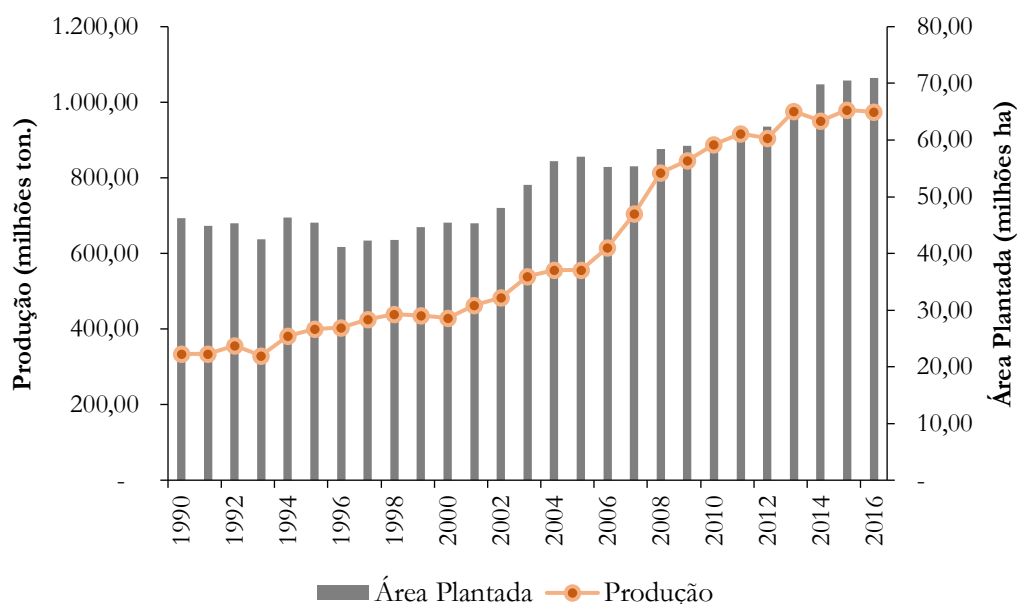


Figura 1. Brasil – Área plantada x Produção agrícola. Fonte: Elaborado pelos autores base dados Ibge (2019).

Nas últimas décadas, a adoção de tecnologias, expansão de forrageiras e o controle de pragas e doenças contribuíram também com a pecuária de corte que, segundo a Embrapa, obtém expressivos ganhos em produtividade sem, contudo, ampliar na mesma proporção a área de pastagens que tem se mantido nos últimos anos ocupando cerca de 21% do espaço territorial brasileiro (Embrapa, 2019). No entanto, o número de criações de bovinos, bubalinos, suínos, caprinos, ovinos, galináceos e codornas, aumentou 2,16 vezes nos últimos 26 anos (Figura 2).

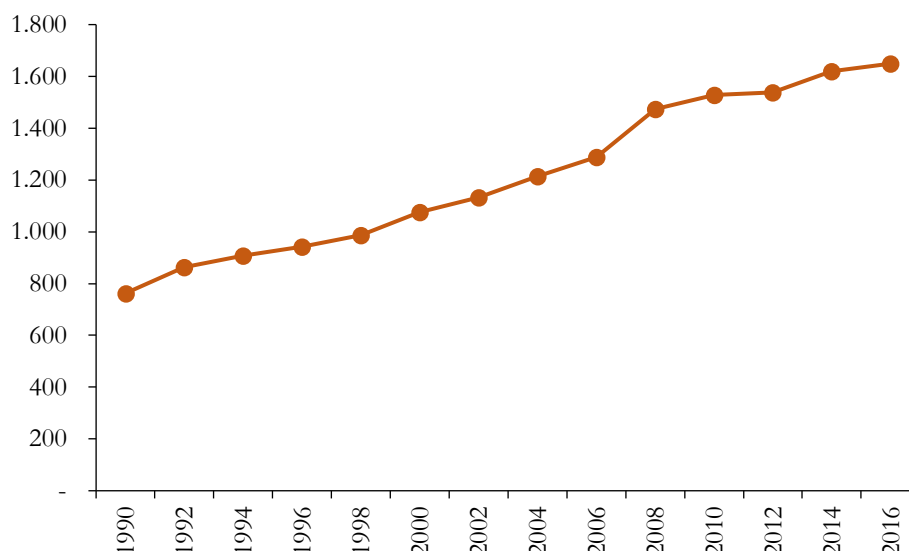


Figura 2. Rebanhos efetivos do Brasil no período de 1990 a 2016. Fonte: Elaborado pelos autores base dados Ibge (2019).

Apesar do fortalecimento do agronegócio brasileiro, os agentes envolvidos comungam do mesmo pensamento no sentido de que não deve haver um conflito entre desenvolvimento econômico com o meio ambiente e desta forma, ações são necessárias para que se atinjam objetivos comuns (Braga, 2010).

Ao longo do tempo, a sociedade vem aumentando preocupações quanto à sustentabilidade ambiental e exigindo esforços de toda cadeia para que haja uma produção sustentável e mais limpa. A abertura do mercado internacional ao agronegócio brasileiro, expôs ainda mais a necessidade de enfrentamento deste desafio, pois no cenário mundial, ações ambientais já são pré-requisitos para importação e comercialização de produtos tornando competitivas as empresas que se adequam às exigências (Claudino et al., 2013).

É fato que a ampliação da produtividade para atendimento às demandas mundiais, tornou mais evidente as preocupações com os impactos causados pela exploração de atividades agropecuárias, especialmente na agricultura onde ocorre a degradação de solos, decomposição de sedimentos nos corpos d'água, tornando a conservação dos recursos naturais, uma necessidade eminente da sociedade (Scolari, 2006).

Sendo assim, a sustentabilidade destaca-se como um dos pontos chave do agronegócio pois de acordo com Callado et al. (2017), os impactos causados ao meio ambiente pelas atividades rurais são facilmente identificados, gerando pressões de opinião pública, mas também oportunizando inserção em novos mercados por meio da adoção de novas estratégias competitivas como meio de diferenciar produtos, promovendo qualidade de vida, preservação ambiental e sustentabilidade econômica e social (Romeiro, 2007).

Ações pautadas em temas alinhados à minimização do uso de recursos naturais, preservação, consumo consciente e melhores condições de vida fazem parte do conceito mais amplo da sustentabilidade, que não se reduz apenas à preservação ambiental, mas também se aplica a investimentos em ciência, tecnologia e educação, estendendo-se a uma atuação social (Veiga, 2010).

Nas propriedades rurais, um quarto de suas áreas é dedicado à preservação de vegetação nativa e isto pode ser visto como um importante posicionamento da agricultura brasileira no sentido de conciliar a preservação ambiental com produtividade, qualidade e geração de riquezas (Tabela 1).

Tabela 1. Áreas de uso e ocupação de terras brasileiras em 2018. Fonte: Embrapa (2019).

Categorias	Área (ha)	Área (%)
Áreas de preservação da vegetação nativa	218.245.801	25,6
Unidades de conservação integral	88.429.181	10,4
Terras indígenas	117.338.721	13,8
Vegetação nativa em terra devoluta	139.722.327	16,5
Pastagens nativas	68.022.447	8,0
Pastagens plantadas	112.237.038	13,2
Lavouras	66.321.886	7,8
Florestas plantadas	10.203.367	1,2
Infraestruturas, cidades, etc.	29.759.821	3,5
Total	850.280.588	100

O Brasil é um dos principais países com disponibilidade de terras aráveis e sua eficiência produtiva advinda de melhorias nas técnicas utilizadas para o aumento da produtividade, tem contribuído para que se estabeleça como importante fornecedor mundial de alimentos (Saath et al., 2018). Contudo, estudos realizados por Daubermann et al. (2014) reforçam a necessidade de conciliar a expansão da oferta aos efeitos sobre o meio ambiente, quantificando suas consequências e redimensionando estratégias.

PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS E O MEIO AMBIENTE

O principal meio produtivo a nível de campo é a terra, pois sem ela não existiriam mecanismos de desenvolvimento das atividades agropecuárias. Embora o uso da terra não cause impactos em termos de disponibilidade deste recurso, apenas a proteção às áreas nativas não é suficiente se nas propriedades rurais, as áreas cultivadas ao entorno não receberem manejo adequado e ainda, se o solo e as bacias estiverem degradados (Sambuichi et al., 2012).

O crescimento tecnológico e produtivo do agronegócio no Brasil é inegável, bem como suas contribuições para o desenvolvimento econômico do país. Porém, o uso da água, de fertilizantes e agrotóxicos, os desmatamentos e a emissão de gás metano, são causas de preocupação neste ramo onde a expansão promove desenvolvimento, mas também pode causar sérios danos quanto a disponibilidade hídrica, qualidade do solo e à saúde (Assad et al., 2012).

Os prejuízos causados ao solo devido ao uso de agrotóxicos, podem impactar nas águas da superfície e da subsuperfície que conseqüentemente, comprometem a fauna e a saúde humana (Gomes, 2019). Seu uso excessivo, tem sido destacado como agente contaminador da terra, águas e ar, pois são crescentes os volumes encontrados no ambiente, aumentando a toxidade do solo (Oliveira et al., 2009; Silvério et al., 2012).

Desse modo, a produção agrícola sustentável remete a preocupações com o preparo do solo e a degradação de pastagens, pois práticas de cultivos de monoculturas sucessivos provocam deterioração dos recursos naturais, além de elevadas taxas de perda de solo, culminando em vulnerabilidade à ocorrência de pragas e doenças (Henning et al., 2014). Além disso, o uso contínuo de grades que preparam o solo associado ao manejo inadequado, provocam concentração de fertilidade em camadas superiores, degradando as propriedades físicas do solo e selamento na parte superior (Denardin, 1984; Salton, 2005).

Sob o aspecto da pecuária, o pisoteio de animais nas encostas, além de provocar erosões que levam resíduos aos cursos d'água, causam compactação do solo, alterando a harmonia das margens. No Brasil, a produção animal particularmente de bovinos de corte e leite, é realizada em pastagens nativas ou cultivadas em solos que geralmente possuem problemas acidez, fertilidade e dificuldades de drenagem, o que pode comprometer a existência de uma produção animal sustentável com a ocorrência de degradação das pastagens e conseqüentemente, redução nutricional (Adamoli et al., 1986).

Além disto a falta de controle de capacidade de lotação de animais nas pastagens e também de adubação, são fatores que aumentam este risco, sendo assim necessário que o setor produtivo cumpra seu papel avaliando seus processos e valores, para que seja considerado realmente responsável em sua atividade (Macedo et al., 1993; Zimmer, 1999).

Tanto a agricultura quanto a pecuária, enfrentam o desafio de atender não somente as necessidades, como também aos anseios dos consumidores que não se preocupam apenas com aspectos sensoriais dos produtos, pois de acordo com Silva (2013), cada vez mais é comum o aumento do nível de exigência por produtos saudáveis com menor impacto ambiental e no caso da pecuária, os consumidores atentam-se também para as boas condições de transporte e vida dos animais (Tachizawa, 2019). Neste sentido, surge a sustentabilidade para atuar de forma sistêmica unindo fatores econômicos, culturais, sociais e ambientais de forma a obter resultados positivos em todas as áreas (Malafaia et al., 2019).

O uso de tecnologias avançadas tem sido forte aliado do agronegócio com substanciais ganhos de produtividade nas lavouras, além de uso de técnicas de melhoramento genético em rebanhos. A

modernização do campo provoca aumento de receitas com números cada vez maiores sendo incontestável a importância do setor sob os aspectos econômico e social do Brasil. Porém, Perfecto et al. (2010) alertam para o desafio da sustentabilidade e controle dos impactos ambientais por meio do uso de manejo sustentável e técnicas que associem a diversificação e a rotação das culturas, melhorias na qualidade do solo com o uso de insumos intercalados.

Para isto, um esforço de todos os níveis da cadeia produtiva se faz necessário com a programação de práticas resistentes que fortaleçam os ecossistemas e uso da ciência e tecnologia também para criação de soluções que garantam produtividade e desenvolvimento sustentável (Tarapanoff, 2018).

Um importante ponto de equilíbrio a ser explorado reside em produzir e preservar, por meio do fomento de ações que intensifiquem o uso sustentável dos recursos naturais e aumentem a eficiência dos sistemas de produção (Moraes, et al., 2014). Neste cenário, a Embrapa é uma forte protagonista em estratégias de adoção de atividades que envolvam baixa emissão de carbono sendo consideradas como métodos sustentáveis para promover alimentação a bilhões de pessoas (FAO, 2014).

Dentre essas atividades, encontram-se os Sistemas Agroflorestais e aqueles que promovem a integração da lavoura, pecuária e floresta, pois ajudam a ampliar a diversidade biológica e a reciclagem de nutrientes com melhoria da qualidade dos solos, além de favorecerem condições para a adaptação às alterações do clima (Loss et al., 2012).

INTEGRAÇÃO LPF COMO PRÁTICA SUSTENTÁVEL DO AGRONEGÓCIO

Com a expansão do agronegócio brasileiro, os sistemas produtivos têm se transformado de forma expressiva ao longo das últimas décadas. Contudo, para a agricultura, um dos principais desafios ainda são as consequências da monocultura que provoca perda da fertilidade dos solos cultivados, erosão, baixa atividade biológica do solo, entre outros fatores (Balbino et al., 2011).

No que diz respeito à pecuária de corte, a atividade enfrenta problemas na otimização do uso das terras, sendo vista como causadora do aumento nos desmatamentos e consequentes efeitos ambientais (Machado; Cecoon, 2010). Estudo realizado por Peron et al. (2004), identificou queda na produção de pastagens advinda de manejos inapropriados especialmente no que diz respeito à nutrição do solo, adubação e falta de reposição de nutrientes, refletindo diretamente na produtividade animal. Nesta atividade, a transformação tem ocorrido de forma sensível, por meio do ajustamento do sistema produtivo à aspectos nutricionais, genéticos e tecnológicos, o que tem gerado maior rentabilidade e a maximização da produtividade nas áreas exploradas (Glória et al., 2017).

A preocupação com o uso da terra e as demandas advindas da sua exploração é antiga e ao mesmo tempo faz parte da atualidade, pois os impactos ao meio ambiente ainda são fontes de estudos das consequências do aumento da produção (Gazzoni, 2014) que a cada ano, precisa se reinventar para atender à crescente demanda global de alimentos, fibras e energia (Neves et al., 2021).

Esta necessidade cada vez maior por alimentos, carnes, grãos, cereais, produtos florestais e bioenergia se contrapõe aos impactos ambientais causados pela ampliação das atividades agropecuárias e assim, soluções precisam ser planejadas para que ocorra desenvolvimento socioeconômico, mas também que assegure a preservação dos recursos naturais. Neste sentido, Vilela et al. (2012), aponta o uso do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como um importante meio para equacionar interesses comuns.

Tendo em vista a necessidade de uma produção agrícola mais sustentável e eficiente, o uso integrado da lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é uma alternativa para a exploração de uma mesma área, com uso de técnicas produtivas que associem as atividades agrícola, pecuária e florestal. Esta técnica pode ser executada por meio de sucessão, rotação de cultura ou em cultivo consorciado, desde que haja benefício mútuo para todas as atividades (Cordeiro et al., 2015).

Buscando otimizar o uso da terra, esse sistema pode promover resultados positivos, como a melhoria da fertilidade do solo, aumento da eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão de obra, geração de renda, empregos, melhoria das condições sociais no meio rural, além de redução dos impactos ao meio ambiente, aumentando a produtividade das áreas cultivadas (Macedo, 2009). A diversificação das atividades econômicas dentro de uma propriedade é uma estratégia para minimizar os riscos de perdas financeiras seja por eventos climáticos ou por condições de mercado como por exemplo, a oferta e demanda de produtos agrícolas, que fazem os preços dos produtos oscilarem.

A integração também pode reduzir o uso de defensivos e insumos agrícolas e minimizar a abertura de novas áreas para fins agropecuários, pois existe uma otimização das áreas cultivadas, que possibilita, ao mesmo tempo, o aumento da biodiversidade e do controle dos processos erosivos com uma boa manutenção da cobertura do solo (Araújo et al., 2010).

Nesse sentido, aliada a práticas conservacionistas, como o plantio direto, a ILPF se constitui como uma alternativa que promove redução de gastos e sustentabilidade ambiental, com o foco na elevação da produtividade de áreas degradadas bem como de pastagens já formadas ou até mesmo lavouras (Embrapa, 2015).

O uso estratégico de sistemas integrativos no meio rural, é aplicável por meio da associação de culturas distintas, e apresenta quatro modalidades, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2. Modalidades de ILPF e seus significados. Fonte: (Kluthcouski et al., 2015).

Modalidade	Definição
Integração lavoura-pecuária (ILP) ou Sistema Agropastoril;	É o sistema produtivo constituído por elementos agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, realizado no mesmo local e ano agrícola ou por vários anos.

Modalidade	Definição
Integração pecuária-floresta (IPF) ou Sistema Silvipastoril	É o sistema de produção que associa componentes da pecuária (pastagem e animal) e florestal, em consórcio.
Integração lavoura-floresta (ILF) ou Sistema Silviagrícola.	É o sistema de produção que integra os componentes florestal e agrícola através do uso de culturas perenes ou anuais e espécies arbóreas.
Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou Sistema Agrossilvipastoril	É o sistema de produção que durante um ano ou vários anos agrícolas, integra os componentes agrícola e pecuário, utilizando a mesma área através de rotação, consórcio ou sucessão, com elementos florestais.

Alguns métodos de associação de culturas são amplamente utilizados para atingir eficiência produtiva. Dentre eles, o consórcio destaca-se como um sistema que utiliza uma área comum para duas ou mais espécies vegetais de forma simultânea. Já na sucessão de cultivos, Balbino et al. (2011b) destaca a ocorrência do plantio de variadas culturas dentro da mesma área e ano agrícola, de forma sequencial. O autor complementa que, caso a alternância das diferentes espécies ocorra na mesma estação do ano, à esta estratégia dá-se o nome de rotação de cultura, que tem por objetivo minimizar a ocorrência de doenças e pragas, devido à diversidade das variedades utilizadas.

A implementação da ILPF, possibilita uma série de cultivos que se transformam a cada ciclo e ainda o uso de sistemas mais complexos através do plantio de árvores consorciadas com culturas perenes como o café, por exemplo, ou culturas anuais como o milho. De acordo com a Embrapa (2015), esta diversidade de ações que podem ser implementadas, leva em conta o objetivo da produção e estão exemplificadas na Tabela 3.

Tabela 3. Objetivo de produção e formas de integração. Fonte: (Kluthcouski et al., 2015).

Objetivo da produção	Formas de integração lavoura-pecuária
Pastagem	Pastejo de cultivos + carne e/ou leite
Pastagem	Forragem conservada + carne e/ou leite
Pastagem	Grão/fibras + carne e/ou leite
Grão-Fibra	Pastagem+carne e/ou leite
Grão-Fibra	Pastagem+palhada

Opções de integração devem ser consideradas de acordo com a atividade já exercida pelos produtores rurais, que devem fazer ajustes de acordo com a viabilidade de implementação.

BENEFÍCIOS

O Programa Agricultura de Baixo Carbono – ABC organizado pela Embrapa, aponta as principais vantagens da ILPF, destacadas por Nobre et al. (2018), sendo:

1. Recuperação e intensificação no uso de pastagens degradadas;
2. Queda da deteriorização do solo e corte no ciclo da monocultura, de pragas e doenças;
3. Produção de pasto, forragem conservada e grãos para alimentação animal na estação seca e palha para o plantio direto;
4. Aumento no uso eficiente dos insumos;
5. Aumento na estabilidade da renda do produtor;
6. Redução nos custos tanto da atividade agrícola quanto da pecuária e florestal;
7. Produção de madeira ecologicamente correta;
8. Arborização de pastagens;
9. Ambiência animal;
10. Redução na dependência do uso de áreas marginais para produção agropecuária.

Além destes, as vantagens de um bom manejo integrado são nítidas e refletem diretamente nos solos, especialmente àqueles degradados. Na Figura 1, verifica-se o uso da braquiária como alternativa tanto para integração com outras lavouras, quanto em rotações com um tempo de pastagem.



Figura 3. Manejo com braquiária (A) e sem braquiária (B). Fonte: Embrapa (2015).

DIFICULDADES NA ADOÇÃO DO ILPF

O crescimento dos sistemas ILPF está atrelado ao domínio de técnicas de manejo, além da capacidade gerencial e operacional pelos produtores. Acontece que nem sempre estas condições estão disponíveis. Estudos realizados por Tomaz et al. (2017), indicam que limitações como a escassez de recursos financeiros, mão de obra especializada para atuação no manejo de culturas e o gado concomitantemente, acesso à créditos para investimento na atividade e excesso de burocracias públicas para entrada em programas de apoio são entraves à adoção do sistema ILPF. Além destes, Osório et al. (2014) pontuam que, ainda que haja dependência de pastagens pela pecuária brasileira, a manutenção destas não é priorizada pelos produtores e alertam que a decisão dos produtores está relacionada não apenas aos conhecimentos técnicos, mas também a aportes financeiros e ao risco de endividamento para organização da infraestrutura necessária ao desenvolvimento da ILPF.

Outras dificuldades para uma ampla adesão a implantações do sistema ILPF, foram levantadas por Bungenstab et al. (2019) que consideraram insuficiente número de profissionais atuantes em pesquisas na área. Os autores também alertam para a necessidade de capacitação de um número maior de propagadores do sistema, através da integração entre os pesquisadores, agentes financeiros e a gestão pública e privada.

Assim, para que a implantação do sistema ILPF ocorra com maior intensidade, a atividade necessita de ações pautadas no apoio efetivo aos produtores, com extensão rural e transferência de tecnologias associadas a mecanismos de comunicação e marketing, o que promoveria de fato, ampliação na adoção do sistema pelo setor produtivo (Bungenstab et al., 2019) além dos benefícios econômicos, sociais e ambientais almejados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Práticas de integração lavoura-pecuária-floresta têm intensificado a sustentabilidade dos sistemas agropecuários e destacam-se como alternativa de diversificação da renda e aumento da produtividade. Seus resultados avançam à medida que são incorporadas por um maior número de produtores rurais, com adoção de diversos níveis tecnológicos e promoção de sinergia entre todos os elos da cadeia produtiva, viabilizando aspectos econômicos, a preservação ambiental e a valorização dos recursos humanos envolvidos.

As tecnologias e conhecimentos sobre ILPF existentes na Embrapa e em outras instituições de ensino e pesquisa devem ser aprimoradas e difundidas pelos técnicos, principalmente os da extensão rural pública e privada, como Senar, Emater e cooperativas por exemplo. Desta forma, os produtores teriam canais de comunicação para ampliar o acesso à informação e promover o desenvolvimento sustentável local com aproveitamento de sua capacidade produtiva, além de obterem maior visibilidade. Essas ações poderiam ainda, contribuir para ampliar e fortalecer a rede de profissionais aptos a trabalhar com ILPF,

junto aos diferentes tipos de propriedades rurais que possuem variadas condições ambientais, capacidades de investimento e níveis tecnológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamoli J et al. (1986). Caracterização da região dos Cerrados. In: EMBRAPA/CPAC Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégia de manejo. São Paulo: Nobel. 33-74p.
- Araujo GHS de et al. (2010). Gestão Ambiental de áreas degradadas. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Assad ED et al. (2012). Sustentabilidade no agronegócio brasileiro. 1 ed. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. 51p.
- Balbino LC et al. (2011). Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10): 1-12.
- Balbino LC et al. (2011b). Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Brasília, DF: Embrapa. 130p.
- Braga C (2010). Contabilidade Ambiental: ferramenta para a gestão da sustentabilidade. 1 ed. São Paulo: Atlas. 180p.
- Brasil (2015). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Integração lavoura-pecuária-floresta [e-book] Brasília: Embrapa. Disponível em: <<https://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/publicacao.php?publicacaoid=90000033>>. Acesso em: 06 jan. 2021.
- Brasil (2019). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Síntese da ocupação e uso das terras no Brasil. Brasília: Embrapa. Disponível em < <https://www.embrapa.br/car/sintese>>. Acesso em: 04 jan. 2021.
- Bungenstab DJ et al. (2019). ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, 835p.
- Callado ALC et al. (2017). Sustentabilidade empresarial no contexto do agronegócio: um estudo bibliométrico. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, 3(1): 04-19.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada -CEPEA (2019). Índices de exportação do agronegócio. Boletim Técnico. 8p.
- Claudino ES et al. (2013). Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, 17(1): 77-85.
- Daubermann EC *et al.* (2014). Expansão da área agrícola e produtividade das culturas no Brasil: testando hipóteses da legislação californiana de biocombustíveis. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 52(1): 81-98.
- Denardin JE (1984). Manejo adequado do solo para áreas motomecanizadas. In: Simpósio de manejo do solo e plantio direto Sul do Brasil, 1983, Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo. 107-123p.

- FAO (2014). The state of food insecurity in the world 2014. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Home. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/sofi/en/>>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- Gasques J et al. (2014). Produtividade da agricultura: resultados para o Brasil e estados selecionados. *Revista de Política Agrícola*, 23(3): 87-98.
- Gazzoni DL (2014). O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis. Londrina: Embrapa Soja, 80p.
- Glória AA et al. (2017). Produção de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura pecuária. *Archivos de Zootecnia*, 66(253): 141-150.
- Gomes CS (2019). Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. *Cadernos do Leste*, 19(19): 63-78.
- Henning AA et al. (2014). Manual de identificação de doenças de soja. 5 ed. Londrina: Embrapa Soja. 76p.
- IBGE (2019). Pesquisa da pecuária municipal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Acesso em: 05 mar. 2021.
- Kluthcouski J et al. (2015). Conceitos e Modalidades da Estratégia de Integração Lavoura- -Pecuária-Floresta. Brasília, DF: Embrapa,21-33.
- Loss A et al. (2012). Densidade e fertilidade do solo sob sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Revista Ciências Agrárias*, 55(4): 260-268.
- Macedo MCM (2009). Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:133-146.
- Macedo MCM et al. (1993). Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: *Simpósio sobre ecossistema de pastagens*. Jaboticabal: Funep. 216-245p
- Machado LAZ, Cecon G (2010). Sistemas integrados de agricultura e pecuária. In: Pires AV (Ed.). *Bovinocultura de corte*. Editora FEALQ. Piracicaba, (2):1401-1462.
- Malafaia GC et al. (2019). A Sustentabilidade na Cadeia Produtiva da Pecuária de Corte Brasileira. In: Bungenstab DJ et al. (Ed.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, DF: Embrapa. 835 p.
- Mendonça GG et al. (2018). Questões econômicas e gerenciais envolvidas na adoção e manutenção de sistemas de integração lavoura-pecuária. *Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP*, 16(1): 46-53.
- Moraes MCMM et al. (2014). Nova perspectiva de custo de produção na agropecuária proposta de avaliação para sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). XXI Congresso Brasileiro de Custos, 13p. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3704/3705>>. Acesso em: 11 jan. 2021.

- Navarro Z (2016). O mundo rural no novo século (um ensaio de interpretação). In: Vieira Filho JER et al. Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília, DF: Ipea, p. 25-63.
- Neves MF et al. (2021). Ferramentas para o futuro do agro (e-book): estratégias para posicionar o Brasil como fornecedor sustentável de alimentos, bioenergia e outros agroprodutos. São Paulo: Editora Gente, 425p.
- Nobre MM (2018). Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação. Brasília, DF: Embrapa, 194p.
- Oliveira E et al. (2009). Technology of application of defensives and relations with the risk of contamination of the water and soil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 2(3): 161-169.
- Osório RML et al. (2014). Percepções dos especialistas frente às mudanças climáticas: integração lavoura-pecuária-floresta como alternativa sustentável à produção de alimentos, fibras e energia no agronegócio. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 7(2): 257.
- Perfecto I et al. (2010). The agroecological matrix as alternative to the landsparing/agriculture intensification model. *Pnas*, 107(13): 5786-5791.
- Peron AJ et al. (2004). Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(3):655-661.
- Romeiro AR (2007). Perspectivas para políticas agroambientais. In: Ramos, P. (Org.). *Dimensões do Agronegócio Brasileiro: políticas, instituições e perspectivas*. Brasília: MDA, 283-317p.
- Saath KCO de et al. (2018). Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 56(2): 195-212.
- Salton J (2005). *Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical*. Departamento de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Tese), Porto Alegre. 155p.
- Sambuichi RHR et al. (2012). A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafio. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. 52p.
- Scolari DDG (2006). Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. In: *Visão progressista do agronegócio brasileiro*. Brasília, DF: Fundação Milton Campos, p. 9-86.
- Silva EB (2013). Perfil sócio econômicos de consumidores de produtos orgânicos. *Revista Verde*, 8(1): 83-89.
- Silvério FO et al. (2012). Análise de agrotóxicos em água usando extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura por cromatografia líquida de alta eficiência. *Química Nova*, 35(10): 2052-2056.
- Tachizawa T (2019). *Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa*. 9 ed. São Paulo: Atlas. 352p.
- Tarapanoff KMA (2018). Monitoramento do agronegócio brasileiro sustentável em relação ao mercado global. *Ciência da Informação*, 45(3): 15-30.

- Tomaz G et al. (2017). Barreiras à adoção do sistema ILPF *em Goiás*. *Revista de Política Agrícola*, 26(1): 93-100.
- Veiga JE (2010). Mundo em transe: do aquecimento global ao ecodesenvolvimento. 1 ed. São Paulo: Autores Associados. 118p.
- Vilela I et al. (2012). Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa para intensificação do uso da terra. *Revista Universidade Federal de Goiânia*, (13): 92-99.
- Zimmer AH (1999). Sistemas integrados de producción agro pastoril. In: Guimarães E et al. (Eds.) *Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina*. CIAT, 245-283.

Agricultura conservacionista: conceitos e principais desafios

 10.46420/9786588319987cap6

Edson da Silva^{1*} 

Lucas Lima de Resende^{1,2} 

José Ricardo Mantovani¹ 

Bruno Cesar Goes¹ 

INTRODUÇÃO

A importância da agricultura no cenário nacional é incontestável, dada sua relevância por meio de indicadores como o Valor Bruto da Produção (VBP) estimado em R\$ 457 bilhões na safra de 2019 (Brasil, 2020). Sua magnitude é reforçada por meio da produção mundial de alimentos que foi capaz de suprir em 2017 uma demanda diária de aproximadamente 2.917 kcal/dia da população mundial (FAOSAT, 2017).

Apesar da atividade agrícola possuir números relevantes, chama-se atenção para o aspecto do reflexo ambiental gerado pela atividade, em especial, sob a degradação dos recursos naturais, acelerada nos últimos anos por meio de fatos como o aumento da produção de alimentos assim como as tecnologias convencionais empregadas (Felix et al., 2010; Fortini et al., 2020).

Diante dessa realidade, a preocupação com o desenvolvimento de sistemas produtivos agrícolas sustentáveis ganhou força dentro do ambiente agrícola, preocupado em atender a forte demanda de alimentos e insumos sem deixar de lado os desafios ambientais e sociais relacionados a produção agrícola (Rodrigues, 2016; Fortini et al., 2020).

Nesse sentido, é importante continuar com a mentalidade da sustentabilidade dos sistemas produtivos aliados com a produtividade e a rentabilidade. Portanto, para compreender essa percepção, entender a agricultura conservacionista tornou-se essencial para os produtores, em especial, as suas práticas como o plantio direto e a rotação de culturas, técnicas que visam atender simultaneamente os aspectos econômicos, produtivos e ambientais necessários ao contexto agrícola (Felix et al., 2010; Rodrigues, 2016; Fortini et al., 2020).

A motivação deste assunto é reforçada por meio de números que indicam aproximadamente 19% dos estabelecimentos agrícolas nacionais praticam a técnica do plantio direto na palha, quantidade inferior

¹ Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Departamento de Agronomia, Alfenas-MG

² Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Machado-MG

*Autor(a) correspondente: edson.silva@aluno.unifenas.br

ao número de estabelecimentos que utilizam o cultivo convencional, que atingiu em 2017 o patamar de 45 % do total das propriedades agrícolas nacionais (IBGE, 2017).

Em termos de área plantada, as diferenças entre a adoção das formas de cultivo de solo também são grandes. No Brasil, estima-se que dos 82 milhões de área plantada em 2017, em torno de 32 milhões de hectares são plantados sob o regime do Plantio Direto, valor pouco expressivo em relação a quantidade de área plantada no Brasil (IBGE, 2017).

Este capítulo de livro buscou fundamentar os principais conceitos da agricultura conservacionista e a sua importância no contexto atual da produção agrícola marcada pela preocupação com a sustentabilidade aliada a produtividade e a rentabilidade.

PRINCÍPIOS DA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA

Para entender a agricultura conservacionista, sugere-se o entendimento do seu conceito e os princípios que a sustentam. Sendo assim, a literatura se mostra vasta quando o assunto é o conceito de agricultura conservacionista. A mesma é definida como agricultura praticada em conformidade com os fundamentos conservacionistas e as indicações técnicas enunciadas pela ciência da conservação do solo em consonância com a preservação da água e da biodiversidade (Denardin et al., 2014).

A agricultura conservacionista segue três princípios fundamentais: O não revolvimento do solo, o uso de plantas de coberturas e os sistemas integrados de produção (Embrapa, 2019).

Portanto, para o entendimento da agricultura conservacionista, é necessário a compreensão de seus princípios básicos norteadores, que servem de sustentação e motivação para toda corrente de pensamento que defende a agricultura conservacionista. Sendo assim, apresentar-se-á a seguir os conceitos fundamentais associados a cada um dos princípios.

NÃO REVOLVIMENTO DO SOLO

As práticas que visam reduzir o não revolvimento do solo, aliada à sua proteção, bem como incremento de matéria orgânica é vantajosa no contexto abordado, apresentando capacidade de diminuir as emissões de carbono do solo para a atmosfera (Bayer et al., 2014).

Quando se fala em agricultura conservacionista, a sustentabilidade do solo é o tema principal devido a proteção do mesmo com palhadas e plantas de cobertura, melhorando assim o ambiente permeado por raízes (Embrapa, 2014).

Essas modificações no solo podem interferir na sua atividade microbiológica, alterando de maneira expressiva as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Piva et al., 2012).

Em relação ao não revolvimento do solo, pesquisas tem mostrado como vantagens deste princípio o fato de que o mesmo leva a uma decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como exemplo deste benefício o sistema de plantio direto que tem como base o não revolvimento (Carvalho et al., 2004).

Como pontos positivos, tal prática conservacionista possibilita a melhoria dos elementos constituintes que compõem o solo, propiciando uma melhoria da sua fertilidade, possibilitando ainda a uma futura redução da utilização de insumos agrícolas como corretivos e fertilizantes (Amado et al., 2002; Bernardi et al., 2003; Collier et al., 2006).

USO DE PLANTAS DE COBERTURA

Utilizadas na produção agrícola com o objetivo de auxiliar a diminuição da perda de nutrientes do solo, o uso de plantas de cobertura tem o objetivo fundamental de cobrir o solo afim de evitar a erosão e a lixiviação dos nutrientes, além de poderem ser utilizadas em atividades como a produção de grãos e pastoreio (Lamas, 2018)

Dentro deste contexto, a família das Fábaceas é a mais posicionada principalmente por sua capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico por meio do processo de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, requisito fundamental para a escolha da planta com a finalidade de cobertura de solo (Cruz et al., 2008b; Pereira et al., 2009a).

Ainda como exemplo de planta de cobertura, a literatura destaca a espécie *Urochloa Ruziziensis*, que vem se destacando a nível Brasil como uma excelente planta de cobertura por suas várias características agrônômicas como tolerância ao déficit hídrico, alto perfilhamento e a facilidade de ser controlada com herbicidas adotados durante a dessecação (Silva et al., 2013).

A utilização da forrageira em questão auxilia também na implantação do Sistema Integração Lavoura Pecuária, produzindo massa vegetal de qualidade para os animais nos períodos de entressafra e o restante servindo para estabelecer o plantio direto da área (Lima et al., 2014).

Como benefícios das plantas de cobertura, observou-se a possibilidade de reduzir em 54,44% as perdas de solo e em 54,89% as perdas da matéria orgânica (Dechen et al., 2015).

Para a escolha de plantas de cobertura, chama-se atenção para a necessidade da avaliação da relação Carbono (C) / Nitrogênio (N) (C/N) da espécie escolhida, pois espécies em que esta relação for baixa sua palhada rapidamente se decompõe, em especial, ao compararmos as espécies das poáceas que se destacam por apresentar relação (C/N) elevada (Silva et al., 2012).

Sobre uso de plantas de cobertura, destaca-se ainda como pontos positivos, em especial, no caso da espécie das poáceas, a possibilidade da absorção de nutrientes especialmente o Potássio (K), tornando-o mais disponível para as plantas (Boer et al., 2007).

SISTEMAS INTEGRADOS: LAVOURA E PECUÁRIA (ILP) E FLORESTA (ILPF)

A base dos sistemas integrados é a integração temporal e espacial das safras anuais de grãos ou forragem, produção de gado e silvicultura (Balbino et al., 2011).

Os sistemas integrados tem grandes dificuldades de manter as práticas conservacionistas dado a dificuldade de vencer a degradação do solo (Castro Filho et al., 2002; Moraes et al., 2014).

A literatura também aponta como contribuições positivas dos sistemas integrados a melhoria das condições físicas do solo por meio da matéria orgânica aumentando os microrganismos na parte superficial, além de diminuir a erosão e a temperatura do solo, aumentando assim a sustentabilidade da produção agropecuária (Kichel et al., 2014).

Entende-se o conceito de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) como sendo o Sistema de Produção que alia lavoura e pecuária, em rotação ou consórcio de culturas, consórcios ou sucessão de culturas em um mesmo ambiente de produção (Balbino et al., 2011).

Em relação aos benefícios de utilização do Sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP), evidencia-se a manutenção e preservação dos nutrientes do solo com facilidade de adoção das técnicas de conservação do solo em situações de necessidade, além de possibilitar ao longo do tempo recuperar e renovar as pastagens com custos mais acessíveis (Kichel et al., 2001).

Por fim, a Integração Lavoura-Pecuária pode ser adotada em duas ocasiões: a primeira com a lavoura é cultivada em áreas de pastagens ou do segundo modo, quando a pastagem é introduzida em áreas de lavoura (Bendahan, 2017).

O Sistema Integrado Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é a incorporação de árvores nos sistemas de cultivo, caracterizando o que se chama de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta (Carvalho et al., 1997).

Sobre as vantagens de adoção desse sistema, cita-se o fato da possibilidade de potencializar o efeito de manejos sustentáveis como o plantio direto (Balbino et al., 2011).

PRÁTICAS DA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA

Os sistemas de preparo do solo mais utilizados na agricultura são o preparo convencional, o cultivo mínimo, também considerado reduzido e o sistema plantio direto na palha (Cunha et al., 2011).

A distribuição destes sistemas de preparo do solo ao longo do território nacional é claramente evidenciada por meio da Tabela 1 abaixo descrita.

Tabela 1. Sistema de preparo do solo no Brasil. Fonte: Censo Agropecuário (IBGE, 2017).

Sistema de Preparo do Solo	Total
Plantio direto na palha	19%
Cultivo mínimo	36%
Cultivo convencional	45%

Inicialmente, para compreender os sistemas de preparo do solo, base da agricultura conservacionista, é necessário compreender de forma geral o conceito teórico associado a cada uma das formas de cultivo. Sendo assim, o preparo convencional do solo é caracterizado por sua mobilização intensiva na camada arável do solo (Carvalho et al., 2007).

Por conseguinte, entende-se o cultivo mínimo do solo, como sendo uma prática que remove o solo de forma mínima, removendo o mesmo somente na linha de plantio, sendo uma alternativa de manejo conservacionista do solo em relação ao preparo convencional (Fuentes-Llanillo et al., 2013).

Sobre o Plantio Direto, destaca-se o fato dele ser a forma de cultivo em que o plantio é realizado sem as etapas de preparo do solo (Andrade et al., 2009).

PLANTIO DIRETO

O plantio direto começou a ser difundido na década de 1990 e, hoje, é a alternativa utilizada em boa parte das lavouras brasileiras. Este sistema de plantio fundamenta-se em princípios básicos como a rotação de culturas, produção de palhas com finalidade de cobertura e o não revolvimento do solo, que juntos garantem a sustentabilidade do agroecossistema (Vargas et al., 2017).

Sobre o Plantio Direto é importante destacar os seus principais benefícios. Neste sentido, a literatura se mostra vasta, sendo possível destacar os seguintes pontos: aperfeiçoamento da estrutura do solo, incremento de matéria orgânica do solo e na melhoria de fertilidade do solo (Lanças, 2005; Maria et al., 1999; Carneiro et al., 2009). Sobre os exemplos de culturas onde o Plantio Direto é aplicado destaca-se a cultura do Milho. Na cultura do milho, a forma de cultivo que mais cresceu no Brasil é o Plantio Direto, advindo da conscientização dos agricultores da necessidade de melhorar a qualidade de seus solos no aspecto geral, visando uma produção sustentável (Coelho, 2006).

Este sistema de manejo conservacionista do solo caracteriza-se pela semeadura direta sem que haja o revolvimento do solo (Pereira et al., 2009b).

Entretanto, o sistema de plantio direto apresenta diversos desafios a serem vencidos, principalmente em regiões tropicais como o Brasil onde o processo de decomposição da matéria orgânica é intenso devido a elevada temperatura e a umidade do solo (Bernardi et al., 2003; Collier et al., 2006). Por-isso, entende-se ser difícil manter o solo coberto o ano todo com palhada, processo clássico do sistema de plantio direto.

O CULTIVO CONVENCIONAL

Entende-se o preparo convencional do solo como sendo a técnica que realiza o revolvimento superficial das camadas com os objetivos de reduzir a compactação e ao mesmo tempo fazer a incorporação de insumos agrícolas como adubos e corretivos além de aumentar a porosidade do solo elevando a capacidade do solo em reter água (Rosseto et al., 2016).

Sendo assim, o preparo convencional do solo, é executado por meio do uso de arados e grades cujo arado efetua o corte, elevação e inversões de camadas denominadas cientificamente como leivas. Ainda neste processo, tem-se a atuação da grade que funciona com o objetivo técnico de nivelar e quebrar os chamados torrões do solo. Contudo, tal sistema não se apresenta como sustentável ao longo dos anos em razão de facilitar processos de degradação do solo como a erosão (Gabriel Filho et al., 2000).

CULTIVO MÍNIMO

O cultivo mínimo consiste no preparo mínimo do solo encontrando-se entre os sistemas de cultivo e preparo do solo como a segunda técnica mais utilizada no Brasil segundo o Censo Agro 2017 (IBGE, 2017).

Este método é indicado para áreas que não necessita de práticas de correções, descompactações e controles de pragas de solo. A principal intenção do cultivo mínimo é diminuir as operações agrícolas que antecede a semeadura e são necessárias para este solo, muito indicado para áreas com problemas de erosão e áreas mais declivosas (Rossetto et al., 2016).

A vantagem deste sistema de cultivo é a viabilização de fazer os plantios em épocas e períodos mais chuvosos, ajudando na antecipação do plantio. Desta forma, esta forma de cultivo vem ganhando destaque em regiões produtoras de grãos reduzindo a erosão e o uso de máquinas e implementos possibilitando a utilização de uma área maior para o plantio e de forma mais intensa, visto que seria menor o intervalo entre colheita e replantio (Strohhaecker, 2000).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou abordar sobre a agricultura conservacionista por meio da abordagem de suas origens, principais desafios, princípios e principais práticas, tendo como destaque o plantio direto dentro deste contexto. Neste sentido, buscou-se apresentar a agricultura conservacionista e suas principais práticas como uma alternativa para as propriedades agrícolas que vivem atualmente em um ambiente de negócios marcado pela preocupação com a sustentabilidade aliada a produtividade e rentabilidade.

Portanto, a partir do levantamento bibliográfico realizado, conclui-se que a agricultura conservacionista ainda é um desafio para a grande maioria dos produtores agrícolas em função de fatores como o desconhecimento teórico e técnico das práticas relacionadas ao tema assim como a desconfiança dos produtores acerca da efetividade das práticas conservacionistas somadas a baixa disponibilidade de equipamentos em determinadas regiões do país e a preocupação com a perda de produtividade das culturas agrícolas o que pode afetar diretamente os custos de produção da atividade desenvolvida.

Como sugestões de estudos futuros, indica-se o aperfeiçoamento contínuo de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de máquinas e equipamentos relacionados as técnicas conservacionistas, além do desenvolvimento e aperfeiçoamento de estudos sobre a aplicação do Sistema de Plantio Direto em culturas que ainda não foram testadas pela ciência e em sistemas de produção como o orgânico que possui mentalidade similar ao sistema conservacionista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade C et al. (2009). Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho cultivado com hortaliças sob diferentes sistemas de manejo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 32.
- Assis RL et al. (2005). Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho Distroférrico sob sistema de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(4): 515-522.
- Balbino LC et al. (2011). Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, 46(10): 1-12.
- Balbino LC et al. (2011). Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Brasília, DF: Embrapa. 130p.
- Bayer C et al. (2014). Emissão de gases de efeito estufa em solos agrícolas em sistema plantio direto. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Araxá, Brasil. 1(1): 15-19.
- Bendahan AB (2017). Integração Lavoura-Pecuária em pequenas propriedades: o que o produtor precisa saber. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26123732/artigo---integracao-lavoura-pecuaria-em-pequenas-propriedades-o-que-o-produtor-precisa-saber>. Acesso em 28 fev. 2021.
- Bernardi ACC et al. (2003). Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 22p.
- Bertol I et al. (2007). Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31(1): 133-142.
- Boer CA et al. (2008). Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1): 843-851.
- BRASIL (2020). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Agropecuária brasileira em números, 2020. Disponível em: www.gov.br. Acesso em 10 nov. 2020.
- Carneiro MA et al. (2009). Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(1): 147-157.
- Carvalho R et al. (2007). Erosão hídrica em latossolo vermelho sob diversos sistemas de manejo do café no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6): 1679-1697.
- Carvalho MAC et al. (2004). Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(1): 47-53.
- Carvalho MM et al. (1997). Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico-vermelho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26(2): 213-218.
- Castro Filho C et al. (2002). Aggregate stability under different soil management systems in a Red Latosol in the state of Paraná, Brazil. *Soil Tillage Research*, 65(1): 45-51.

- Collier LS et al. (2006). Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. *Ciência Rural*, 36(1): 1100-1105.
- Cruz SCS et al. (2008). Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(1): 62-68.
- Cunha EQ et al. (2011). Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I- Atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 35(2): 603-611.
- Maria IC et al. (1999). Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferral soil in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 51(1): 71-79.
- Dechen SCF et al. (2015). Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia* 74(1): 224-233.
- FAOSTAT (2020). Produção Mundial de Alimentos. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- Feix RD et al. (2010). Comércio internacional, agricultura e meio ambiente: teorias, evidências e controvérsias empíricas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 48(3): 605-634.
- Fidalski J et al. (2015). Revolvimento ocasional e calagem em Latossolo muito argiloso em sistema plantio direto consolidado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(1): 1483-1489.
- Fortini RM et al. (2020). Impacto das práticas agrícolas conservacionistas na produtividade da terra e no lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58(2): e199479.
- Fuentes-Llanillo R et al. (2013). Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 17(5): 524-530.
- Gabriel Filho A et al. (2000). Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. *Ciência Rural*, Santa Maria, 30(6): 953-957.
- Guo Y et al. (2018). A revegetação natural de um habitat semiárido altera a diversidade taxonômica e funcional das comunidades microbianas do solo. *Science of The Total Environment*, 635(1): 598-606.
- IBGE (2019). Censo Agropecuário 2017. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, 8(1): 1-105.
- Kichel AN et al. (2014). Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) - experiências no Brasil. *Boletim da Indústria Animal*, 71(1): 94-105.
- Kichel AN et al. (2001). Sistema de integração agricultura & pecuária. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte (Embrapa Gado de Corte. Circular Técnica, 53).

- Lamas FM (2018). Plantas de cobertura: O que é isto? Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-que-e-isto>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- Lima SF et al. (2014). Fitossociologia de plantas daninhas em convivência com plantas de cobertura. *Revista Caatinga*, 27(2): 37-47.
- Matheis HASM et al. (2006). Adubação verde no manejo de plantas daninhas na cultura de citros. *Laranja*, 27(1): 101-110.
- Melo Júnior HB et al. (2011). Sistema de Plantio Direto na Conservação do Solo e Água e Recuperação de Áreas Degradadas. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia*, 7(12): 1-17.
- Moraes A et al. (2014). Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. *European Journal of Agronomy*, 57(1): 4-9.
- Piva JT (2012). Fluxo de gases de efeito estufa e estoque de carbono do solo em sistemas integrados de produção no sub trópico brasileiro. Universidade Federal do Paraná, Curitiba (Tese). 96 pp.
- Quincke JA et al. (2007). Plantio direto em sistemas de plantio direto: fluxo de dióxido de carbono e mudanças no carbono orgânico total e lábil do solo. *Agronomy Journal*, 99(1): 1158-1168.
- Rodrigues AS (2016). Avaliação do impacto do Projeto Hora de Plantar sobre a sustentabilidade dos agricultores familiares da Microrregião do Cariri (CE): o caso do milho híbrido. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (Tese). 250p.
- Rosseto R et al. (2016). Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Cultivo mínimo. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_85_22122006154841.html. Acesso em: 26 de nov. 2020.
- Silva UR et al. (2013). Eficácia do glyphosate na dessecação de espécies de *Urochloa*. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 12(2): 202-209.
- Silva JAN et al. (2012). Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-mansão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(1): 769-775.
- Strohhaecker L et al. (2000). Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e a veia preta. *Ciência Rural*, Santa Maria, 30(6): 953-957.
- Vargas LA et al. (2017). Fitossociologia de banco de sementes de solo em sistemas de plantio direto na região sudoeste da Amazônia. *American Journal of Plant Sciences*, 8(1): 3399-3413.
- Zhang J et al. (2016). Efeitos da incorporação da palha nos nutrientes do solo, enzimas e estabilidade de agregados em campos de tabaco na China. *Sustentabilidade*, 8(1): 1-12.

Utilização de biodigestores no tratamento de dejetos e efluentes da suinocultura

 10.46420/9786588319987cap7

Willian Aparecido Leoti Zanetti¹ 

Daniel Borges Cardoso² 

Beatriz Rodrigues de Godoy¹ 

Fernando Ferrari Putti¹ 

Bruno César Góes^{2*} 

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade importante do agronegócio brasileiro, empregando mais 849,3 mil pessoas direta e indiretamente, de acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Suínos – ABCS, produzindo o equivalente a 4,12 milhões de toneladas em 2019, ocupando a quarta posição no ranking mundial de produtores suínos (ABCS, 2019).

O estado de Minas Gerais possui o quarto maior plantel de suínos do país, com cerca de 5,2 milhões animais, aumentando a participação no plantel nacional nos últimos anos, saltando de 10,4% no ano de 2003 para 12,66% em 2008, registrando números inferiores apenas quando comparado em relação aos três estados da região sul do Brasil, Santa Catarina, Paraná e Rio grande do Sul, com 19,2%, 16,6% e 13,8%, respectivamente (IBGE, 2018).

Uma das principais questões ambientais em evidência nos últimos anos, é o estímulo para redução de resíduos orgânicos bem como na sua destinação, culminando em diversos estudos científicos que visam analisar o potencial nutricional em virtude do processo de decomposição e reciclagem dos nutrientes na produção de matéria orgânica, além de evitar danos ao meio ambiente (Fukuda, 2013).

A digestão anaeróbia por sua vez, oferece uma maneira alternativa de produção de energia, bem como também na possibilidade de solução dos problemas oriundos do acúmulo de resíduos humanos, animais, urbanos e industriais, diminuindo o potencial de poluição ambiental desses dejetos, quando descartados de maneira incorreta, além de possibilitar na produção de fertilizantes naturais para agricultura, os chamados biofertilizantes (Al Seadi et al., 2013).

Nesse sentido, a atividade da suinocultura intensiva é uma prática com alto potencial poluidor em razão da presença de grande quantidade de contaminantes nos dejetos e efluentes dos suínos, sendo estes, quando despejados de maneira inadequada, degradam o meio ambiente, poluindo a água de mananciais

¹ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, SP

² Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Faculdade de Agronomia, Alfenas, MG

*Autor(a) Correspondente: bruno.goes@unifenas.br

e lençóis freáticos com a elevada carga de nutrientes, matéria orgânica e metais pesados (Kunz et al., 2005; Vivan et al., 2010).

Por sua vez, estima-se que a geração de dejetos e efluentes por suíno, ocorra com valores compreendidos entre 5,7 e 7,6 L suíno/dia, representando cerca de 9% da massa corpórea do animal (Angonese et al., 2006). Desse modo, os dejetos de suínos podem poluir o meio ambiente de diferentes maneiras em razão de suas características químicas, dispondo-se quanto aos sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos, sólidos sedimentares, nitrogênio total, fósforo total e potássio total (Costa et al., 2018).

Outro problema causado pelo descarte inadequado desses dejetos é contaminação dos seres humanos por meio de bactérias do grupo coliforme, além da proliferação de moscas, ratos, baratas entre outros agentes transmissores de doenças (Ito et al., 2016).

Sendo assim, a utilização da tecnologia de biodigestores anaeróbios para diferentes substratos, foi bastante impulsionada em meados da década de 1970 e 1980, porém foi a partir de 1990 que essa técnica se difundiu como forma alternativa de agregação de valor aos dejetos e efluentes como meio de biofertilizantes aplicados na agricultura e fonte de geração de energia pela emissão de gás metano (Fukuda, 2013; Kunz et al., 2005).

Além de colaborar com a redução do lançamento dos dejetos e efluentes no meio ambiente, tornam-se insumos para a produção agrícola, resultando em ganhos financeiros e econômicos ao produtor rural, diminuindo os custos com fertilizantes químicos, e utilizando o biofertilizante nas lavouras (Gaspar, 2003).

Outro potencial decorrente da implantação de biodigestores, é a possibilidade da geração de energia alternativa por meio do biogás, metano, resultado do processo de degradação anaeróbia da matéria orgânica (Dominiak et al., 2016).

Dessa maneira, o desenvolvimento da tecnologia dos biodigestores, representa um avanço na solução dos problemas decorrentes da atividade da suinocultura, evitando a contaminação ambiental, por meio de seus dejetos, agregando-se ao fato do aproveitamento do subproduto para geração de energia e biofertilizantes (Costa et al., 2018).

São vários os modelos de biodigestores no mercado, entre eles: chinês, indiano e canadense; sendo estes classificados de acordo com potencial de fornecimento de biomassa: de fluxos contínuos, de alimentação contínua e os de batelada, no qual o fornecimento da biomassa é realizado apenas no início do processo de biodigestão (Khalid et al., 2011).

Por sua vez, o modelo canadense é mais adotado para implementação dos biodigestores em razão do baixo custo de construção e pela viabilidade para pequenas e grandes propriedades (Costa et al., 2018; Kunz et al., 2005).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo trazer um panorama da situação econômica da suinocultura mundial e brasileira, bem como os principais aspectos ambientais relacionados a atividade e os principais tipo de biodigestores utilizados para o reaproveitamento dos efluente e dejetos dos suínos.

ASPECTOS ECONÔMICOS DA SUINOCULTURA

A carne suína é uma das principais fontes de proteína de origem animal, sendo considerada uma das mais importantes do mundo, uma vez que seu consumo mundial representa cerca de 40,1% do consumo de carnes, seguido da carne de frango e bovina com 33,3% e 21,4%, respectivamente (Nascimento, 2020).

A China, por sua vez, representa o principal mercado produtor e consumidor da carne suína, responsável por quase metade da produção mundial, produzindo o equivalente a 41,13 milhões de toneladas em 2018, o que representa aproximadamente 41,3%, seguido da União Europeia (UE) com 22,6% e Estados Unidos (EUA) com 11,9% da produção mundial de carne suína (Miele et al., 2011; Martins et al., 2019).

Nesse sentido, o Brasil ocupa a quarta posição entre os produtores de carne suína no mundo, com uma parcela de aproximadamente 4% do mercado mundial, com mais de 4,43 milhões de toneladas produzidas em 2020, significando um incremento de 11,37% em relação ao ano de 2019 (Embrapa, 2020).

A região Sul do Brasil se destaca como maior produtora de suínos do país, tendo o estado de Santa Catarina como maior produtor, com cerca de 1,12 milhões de toneladas, seguido de Paraná, com mais de 841 mil toneladas e Rio Grande do Sul, com 760 mil toneladas produzidas em 2019, e em quarto lugar, o estado de Minas Gerais, com mais de 500 mil toneladas (IBGE, 2019).

ASPECTOS AMBIENTAIS

A produção de suínos é uma das atividades de maior impacto ambiental sendo considerada pelos órgãos de controle ambiental, como potencial causadora de degradação do meio ambiente. Nesse sentido, o grande desafio consiste na definição de um sistema que seja capaz reduzir os impactos ambientais de modo eficiente, ressaltando a importância de continuidade as atividades cadeia produtiva, mas com o uso coerente dos recursos naturais, preservando a qualidade ambiental (Barros et al., 2019; Oliveira, 2004).

Na Constituição Federal do Brasil de 1988, no artigo 225 consta que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1998).

No Relatório Brundtland, encontra-se que o desenvolvimento sustentável deve ser percebido como:

“ (...) um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se

harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações humanas” (Ipiranga et al., 1988).

Sabe-se que o documento jurídico mais importante de um país é a Constituição, e que as demais leis, quando criadas, não podem contrariá-la. Nesse sentido o Direito Ambiental, atua como via de proteção dos recursos ambientais, por meio de aspectos da legislação ambiental reafirmando-se que nenhuma lei é isolada e que tem um papel importante do contexto local ao global (Romulo, 2013).

Desse modo, desde 1988 até hoje, vários eventos, reuniões, conferências, acordos, tratados, leis, entre outros, ampliaram o horizonte sobre as políticas ambientais e destacando-se dois momentos históricos das políticas de preservação e conservação do meio ambiente: a Agenda 21, Protocolo de Quioto e a ECO-92 (Pott et al., 2017).

Em 1998 foi criada a Lei de Crimes Ambientais (9605/98) que tem como finalidade principal a reparação do dano ambiental, responsabilizando criminalmente os indivíduos e empresas (por meio dos executivos) que poluírem o meio ambiente, atuando a Lei de tanto de maneira preventiva, a ocorrência do dano pelo temor da pena e da indenização, quanto repressiva, uma vez causado o dano (Brasil, 1998).

Em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi editada pela Lei nº 12.305, que estabeleceu a destinação correta de resíduos sendo responsabilidade comum ao governo, empresas, atores sociais do processo de produção e comércio tal como a sociedade pelo gerenciamento adequado com o menor impacto ambiental possível (Brasil, 2010; Almeida et al., 2016).

Por meio das jurisprudências das decisões nos anos seguintes, a gestão ambiental, foi vista como o processo de mediação de interesses e conflitos (potenciais ou explícitos) entre atores sociais que agem sobre os meios físico-natural, tendo como o principal objetivo ter o impacto ambiental das atividades, a partir de técnicas menos agressivas que minimizem ou reduzam ao máximo os efeitos. Garantindo assim o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, inclusive em áreas já degradadas ou afetadas, se deve desenvolver e implementar programas e projetos de recuperação da biodiversidade natural (Quintas, 2006; Jacobi, 2003).

Com o avanço do tema - entre discussões e novos significados - ações de gestão ambiental e sustentabilidade começaram a ser implementadas na agricultura, de modo que esses fatores fizeram com que nos últimos anos haja a evolução do pensamento empresarial junto com a evolução das questões ambientais. Isso pode mostrar que a sociedade e empresas vem se esforçando para que esse assunto não seja tratado apenas nas esferas ambientalistas, acadêmicas ou governamentais (Jacobi, 2003).

EFLUENTES E DEJETOS

A partir dessa mudança de pensamento, o uso da terra para atender as necessidades do homem, dentro das normas ambientais, faz com que haja um norteamento do manejo para garantia de perpetuação da qualidade e da quantidade de água, do solo, com a manutenção da biodiversidade, além dos valores estéticos da paisagem. Diferente do que era observado há quase duas décadas atrás, especialmente para

os desejos da suinocultura, que afetava diretamente esses recursos naturais. Além disso, se comparado com sistemas de tratamento de dejetos líquido convencionais o biodigestor oferece um menor custo (Oliveira, 2004).

Os dejetos de suínos podem ser compostos por urina, fezes, resíduos de ração, cerdas, poeira e material particulado, água (desperdício dos bebedouros, limpeza, chuva), além de outros materiais gerados no processo produtivo (sangue, por exemplo). Esses excretos possuem três elementos principais: o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K). Usualmente, esses dejetos em forma líquida são descartados em pulverização de plantas como adubo; já os dejetos na forma sólida, ou oriundos de cama sobreposta, podem contribuir para os aumentos dos teores de matéria orgânica do solo; contudo o fato é que caso não ocorra a absorção correta, a tendência é que ocorra a lixiviação deste nutriente para as camadas mais profundas do solo podendo atingir o lençol freático e provocando problemas de contaminação (Oliveira, 2004; Barros et al., 2019).

Outro ponto de desafio para os produtores e empresas do setor da suinocultura é que os dejetos possuem odor desagradável (poluição olfativa), há nesses resíduos a emissão dos gases de efeito estufa (CH_4 , N_2O) e características físicas, químicas e biológicas muito variáveis e, por outro lado, possuem um potencial energia aproveitável. Para contribuir com isso, a implantação de um biodigestor em granjas de suínos se torna viável, pois em sua atuação se consegue extrair o biogás (energia de baixo custo) e tratar adequadamente os dejetos (Winckler et al., 2017; Barros et al., 2019).

REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS

Os biodigestores são câmaras que realizam a digestão anaeróbia (obtenção de energia a partir de reações químicas sem o envolvimento do oxigênio) da matéria orgânica (nesse caso o dejetos suíno) produzindo biogás e biofertilizante (processo denominado biodigestão). O biofertilizante é riquíssimo em micronutrientes e o biogás pode ser utilizado como energia térmica ou elétrica, de modo que não se dependa de concessionárias de energias elétricas (Bonturi et al., 2012; Hahn et al., 2012; Silva et al 2018).

A digestão anaeróbica consiste na transformação da matéria orgânica - consideradas compostos complexos - em substâncias mais simples (metano e dióxido de carbono), por meio de diferentes microorganismos. É importante salientar que a utilização de tal processo tem um viés ambientalmente sustentável e energeticamente econômico, sendo um processo com grande potencial de melhorias para um desempenho mais eficiente (Araújo, 2010; Silva et al 2018).

Esse desenvolvimento de tecnologias alternativas para o manejo e o tratamento de dejetos suínos é uma solução efetiva para regiões com problemas de alta concentração da produção de suínos. Estima-se que um metro cúbico de biogás se necessita de 12 quilos de esterco suíno; e que uma granja de terminação de suínos com 1.200 animais, produz aproximadamente 5.400 litros de dejetos por dia (Barreira, 2011; Oliveira, 2004).

Nessas regiões que predominam as criações de suínos o uso do biodigestor se torna um importante aliado na sustentabilidade ambiental. De modo que se tenham todas as vantagens competitivas de um biodigestor e uma melhor gestão ambiental com agregação de valor aos dejetos, se requer monitoramento do processo para se obter um bom composto orgânico, mão-de-obra qualificada para essa finalidade e que entenda a finalidade do manejo corretor dos dejetos.

TIPOS DE BIODIGESTORES

Com o crescimento brasileiro do setor agropecuário, o emprego de biodigestores vem se mostrando uma importante ferramenta tecnológica para questões de gerenciamento dos resíduos provenientes da produção, ou mesmo, dejetos. Em que, por meio da ação de digestão anaeróbica por microrganismos, pode atuar como uma solução eficiente na diminuição da pressão ambiental provocada pelas atividades, além de produzir produtos como biogás e biofertilizantes, que podem favorecer trazer inúmeros benefícios (Rodrigues et al., 2019).

De forma que, com a tendência atual com a necessidade de intensificar os sistemas de produção de alimentos, com a implantação cada vez mais de sistemas de confinamentos totais, como no caso de suínos, que é uma das espécies que apresenta maior geração de volume de dejetos em parâmetros de unidade de área ocupada. Acaba afligindo os produtores quanto ao manejo correto, destino final adequado e que possa reduzir as interferências ao meio ambiente (Bonega et al., 2018).

O que direciona o emprego dos biodigestores como uma alternativa eficiente e que pode proporcionar a redução de diversos impactos. Tornando-se viável quanto a destino dos dejetos animais, além de poder contribuir com a redução de custo relacionados com energia, em resposta da transformação do biogás, que é constituído em maior proporção principalmente de Metano (CH_4) e Dióxido de Carbono (CO_2). Além de adubos(biofertilizantes), a matéria orgânica proveniente após da fermentação, rica em nitrogênio (Côrtes et al., 2019).

Apresentando diversas vantagens que vai além da produção de biogás e biofertilizantes, até a redução da pressão sobre recursos hídricos e meio ambiente, redução de odores nas propriedades agrícolas, diminuição de patógenos e coliformes, produção de gás, energia limpa e uma infinidade de aplicações (Pereira et al., 2018).

Quadro 1. Componentes presentes no sistema do biodigestor anaeróbico e suas funções. Fonte: Adaptado de Salomom et al. (2007).

Componentes	Funções
Tanque de Entrada	Deposição dos dejetos
Tubo de Carga	Local em que é realizado a introdução dos resíduos no digestor
Digestor	Processa a fermentação da matéria orgânica

Componentes	Funções
Septo	Constituí por ser uma parede dentro do digestor que divide e direciona o fluxo dos resíduos
Gasômetro	Câmara em que é acumulado o biogás
Tubo de Descarga	Local pelo qual é expelido o resíduo líquido após o processo de fermentação
Leito de secagem	Local em que é recolhimento o resíduo líquido e realizado a secagem para transformação em biofertilizantes
Saída do Biogás	Tubulação de condução para o destino final do biogás

Tendo em vista que os biodigestores anaeróbicos compreendem por ser um equipamento fechado, que deve ser disposto em local que possa ser relativamente quente e sem a presença de oxigênio (Tietz et al., 2014). Podendo ser constituído na maior parte por uma estrutura física basicamente composta pelos seguintes componentes observados no Quadro 1, podendo alterar conforme o modelo empregado.

Considerando que os biodigestores podem ser classificados de acordo com o seu abastecimento, em contínuos e em batelada. Sendo os contínuos caracterizado pelo processo de alimentação periodicamente em períodos curtos de tempo, devido possuir compartimento de entrada e de saída da matéria orgânica. Já o em batelada, o abastecimento é realizado em um único período e somente é alimentado novamente após o período de digestão total do material introduzido (Freitas et al., 2020).

De forma que a biodigestão anaeróbia empregada pelos microorganismos ocorre por meio da degradação ou decomposição da biomassa, em um processo de 4 fases normalmente: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (Soares et al., 2017).

No qual é realizado na fase 1, etapa de hidrólise, a transformação das moléculas complexas das cadeias carbônicas de proteínas, lipídios e carboidratos para mais simples, aminoácidos, açúcares, glicerol e ácidos graxos como produtos finais desta reação. Na fase 2, Acidogênese, as bactérias convertem os compostos reduzidos da fase anterior em ácido acético, ácidos graxos, dióxido de carbono, dentre outros compostos. Após na fase 3, acetogênese, ocorre a formação de substratos para a produção do metano, a partir da fermentação de hidratos de carbono, liberando hidrogênio e CO₂. Por fim, na última etapa, metanogênese, ocorre o resultado final do processo, com a produção de metano (CH₄) por meio de bactérias acetotróficas e hidrogenotróficas (Cremonez et al., 2013; Lopes et al., 2020).

Existindo uma gama de modelo de biodigestores, que possibilitam a realização desse processo, necessitando apenas adequar de acordo com as necessidades e o custo a ser investido. Assim, dentre os modelos existentes de biodigestores, os mais comuns e empregados são o de modelo Indiano, Chinês e Canadense (Santos et al., 2017).

BIODIGESTOR MODELO CHINÊS

Este tipo de biodigestor é caracterizado pela sua construção ser de uma câmara cilíndrica quase que totalmente em alvenaria, possuir um teto em forma de abóboda, ou seja, em forma de arco. Apresenta um custo menor em relação a outros modelos em decorrência de não ser necessário o emprego de gasômetro em chapa de aço, resultado da alvenaria presente na sua estrutura. Seu funcionamento é baseado em princípios de prensa hidráulica, permitindo em situações de aumento de pressão em seu interior, no deslocamento do biogás presente na câmara de fermentação para o compartimento de saída, assim como, pode ocorrer descompressão em sentido contrário (Bonturi et al., 2012; Frigo et al., 2015).

Possui vantagens em relação ocupação de espaço, custo, menor interferência de variação de temperatura, no entanto pode apresentar problemas com vazamentos de biogás, se sua estrutura não apresentar boa vedação (Fernandes Filho et al., 2018). A Figura 1 representa as suas características.

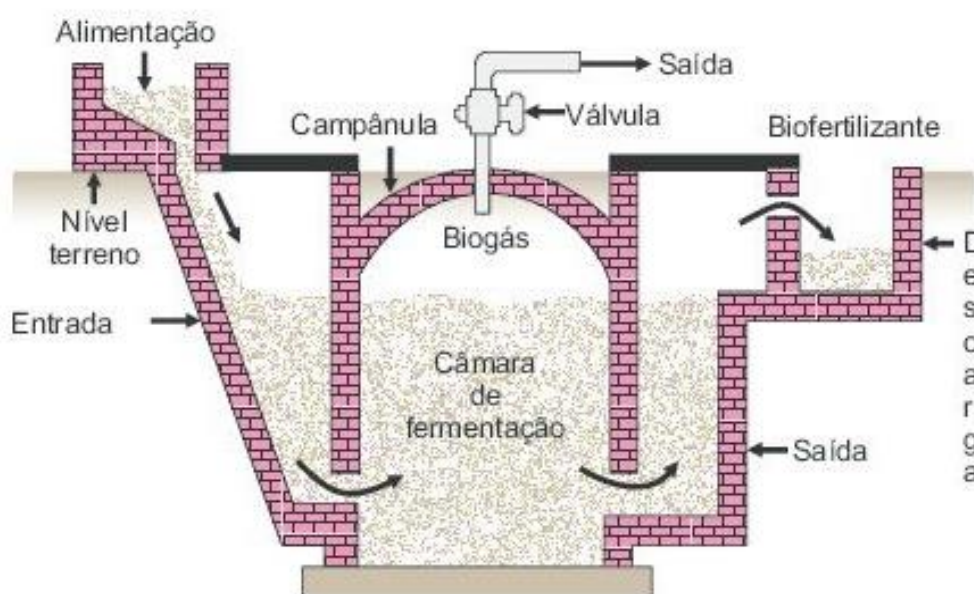


Figura 1. Representação de um biodigestor modelo Chinês. Fonte: (Emas Junior, 2020).

BIODIGESTOR MODELO INDIANO

Este modelo é caracterizado principalmente por possuir campânula flutuante atuando como gasômetro feita em chapa de aço, no qual pode ser introduzida na parte superior da biomassa que está em fermentação ou externamente em um selo d'água. Construído verticalmente em alvenaria e revestido por cimento, em que é dividido em duas câmaras, sendo uma ligada ao tubo de entrada da biomassa e a outra ao de saída (Silva et al., 2018; Tanaka et al., 2020).

Apresenta vantagens por fácil construção e menor ocupação de espaço, no entanto dependendo o material como o gasômetro em metal, pode aumentar os custos de construção (Moura et al., 2017). Na Figura 2 é disposto a visualização deste modelo.

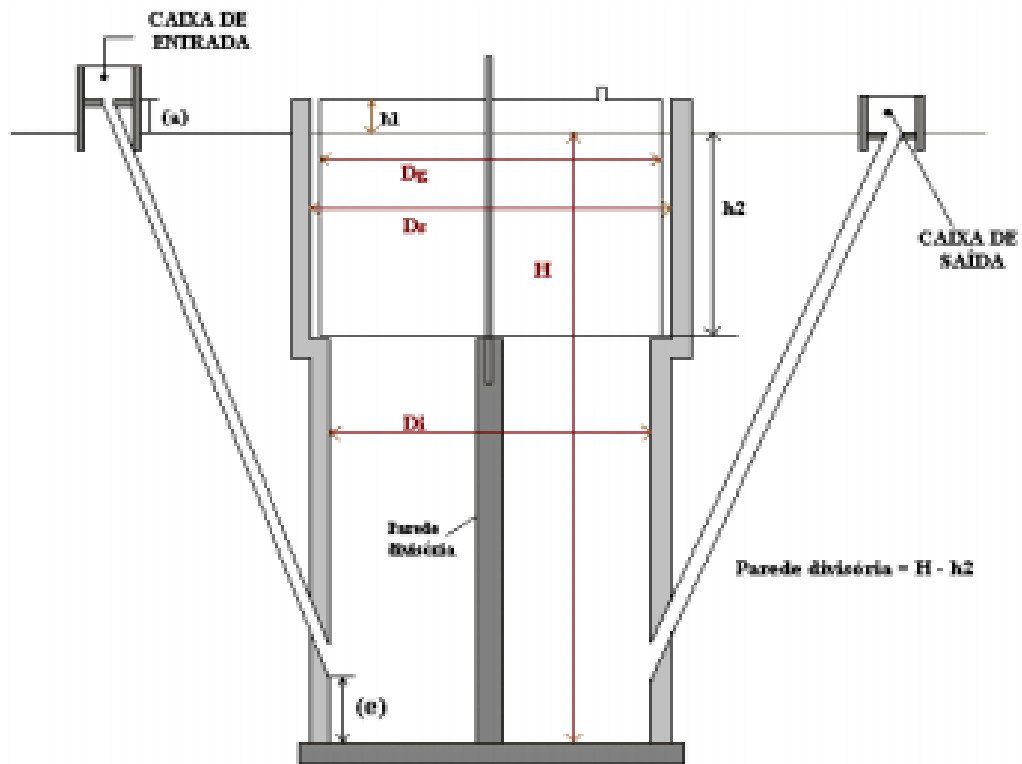


Figura 2. Representação de um biodigestor modelo Indiano. Fonte: (Frigo et al., 2015).

BIODIGESTOR MODELO CANADENSE

Este modelo basicamente é caracterizado pela sua construção de base retangular, sendo sua caixa de carga em alvenaria e a cobertura em geomembrana sintética de polietileno, que infla com a produção do gás. Possui uma área maior de exposição solar, possibilitando uma maior formação de biogás. Dispõe ainda de registro que permite o controle de saída do biogás e um queimador (Veloso et al., 2018; Alcócer et al., 2020).

É um modelo bem difundido pelo Brasil, por vantagens de produção maior de biogás, fácil instalação e limpeza, emprego em diversos tipos de propriedade, de pequeno, médio e grande porte (Fernandes Filho et al., 2018). No entanto, apresenta desvantagem em relação ao custo cúpula. A Figura 3 ilustra sua representação.

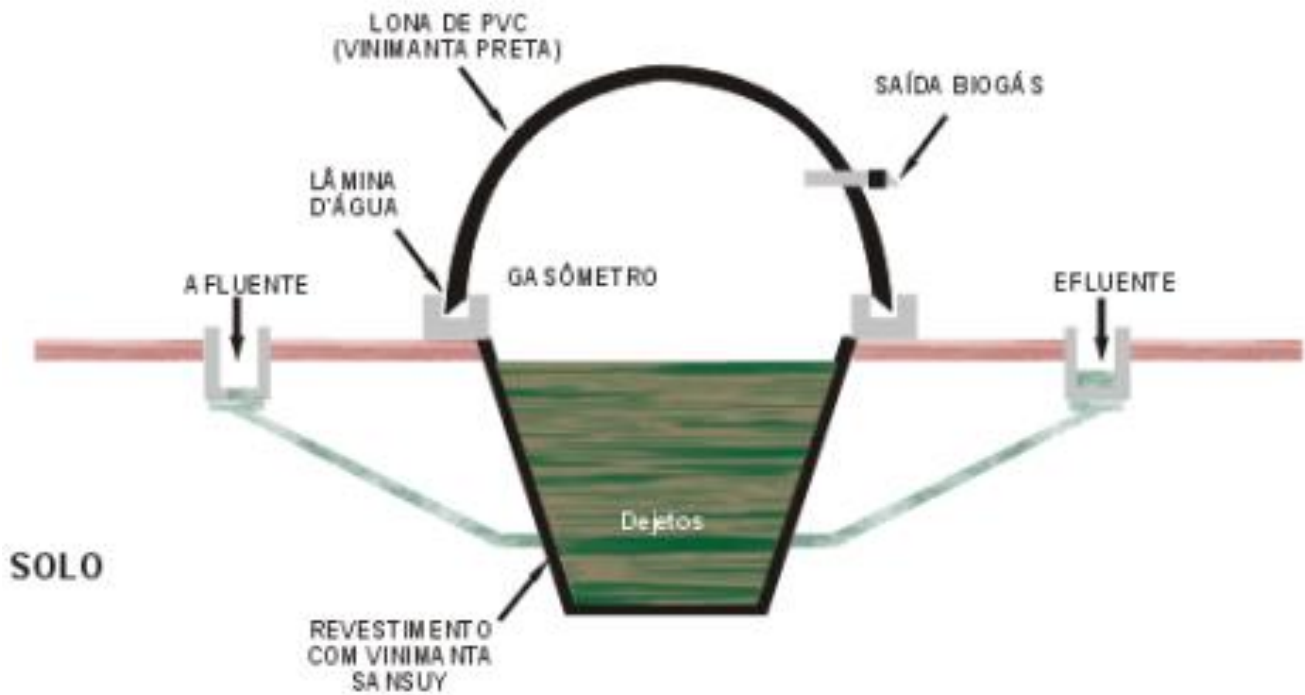


Figura 3. Representação de um biodigestor modelo Canadense. Fonte: (Frigo et al., 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de biodigestores atualmente é uma realidade em muitas propriedades rurais do Brasil, devido as características climáticas o modelo canadense é o mais utilizado. Entretanto o ainda existe um potencial muito grande a ser explorado, pois ainda precisa se difundir ainda mais sobre as vantagens de ter um biodigestor na propriedade. Além disso, não existe linhas de crédito rural específicos para a implementação de técnicas sustentáveis.

Como observado ao longo desse capítulo a suinocultura apresenta grande potencial para a produção, visto o volume gerado diário de matéria orgânica. Dessa forma, uma forma sustentável ambientalmente e econômica do produtor reduzir os impactos ambientais e custos de sua produção.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Mosaic e Mosaic Fertilizantes pela concessão do auxílio financeiro para realização do projeto “Biodigestores no tratamento de resíduos de suínos para geração de energia e biofertilizantes para pequenas propriedades na região de Alfenas-MG” do Edital da Água 2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCS (2019). Dados de Mercado da Suinocultura. Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. Brasília, DF: ABSC.
- Al Seadi T et al. (2013). Biogas digestate quality and utilization. *The Biogas Handbook*. Elsevier, 1(1): 267–301.
- Alcócer JCA et al. (2020). Uso do biodigestor na suinocultura: uma alternativa à sustentabilidade ambiental na região do maciço de Baturité, Ceará. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9(2): 783-818.
- Almeida CR et al. (2016). Estudo da viabilidade da implantação de biodigestor no município de Hortolândia para geração de biogás. *Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística*, 6(1): 35-52.
- Angonese AR et al. (2006). Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(3): 745–750.
- Araújo EP et al. (2010). Estudos de geração de biogás com base em parâmetros microbiológicos em uma célula experimental de resíduos sólidos urbanos. *Revista de Tecnologia de Fortaleza*, 31(2): 230-238.
- Barreira P (2011). Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural. 3 ed. São Paulo: Ícone. 106p.
- Barros EC et al. (2019). Potencial agronômico dos dejetos suínos. Embrapa: Suínos e Aves, 52p.
- Benega RM et al. (2018). Utilização do biodigestor para tratamento de dejetos da suinocultura. *Ciência Veterinária UniFil*, 1(1): 136-144.
- Bonturi GL et al. (2012). Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: Análise de vantagens socioambientais. *Revista Ciências do Ambiente*, 8(2): 88-95.
- BRASIL (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 15 maio 2021.
- BRASIL (1998). Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências: seção 1, n. 147, Brasília, DF, p. 1, 13 fev. 1998.
- BRASIL (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 3 ago. 2010.
- Calza LF et al. (2015). Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. *Revista Engenharia Agrícola*, 35(6): 990-997.
- Cmmad (1988). Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

- Côrtes DA et al. (2019). Biodigestores rurais e sua importância na sustentabilidade ambiental. *Humanidades & tecnologia em revista*, 18(1): 97-108.
- Costa AA et al. (2018). Tratamento do dejetos de suíno por biodigestão anaeróbia. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 11(3): 801-823.
- Cremonez PA et al. (2013). Biodigestão anaeróbia no tratamento de resíduos lignocelulósicos. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 2(1): 21-35.
- Dominiaik AL et al. (2016). Projeto e implantação de sistemas de geração de biogás em pequenas propriedades rurais como fonte alternativa de energia. *Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Monografia)*, Curitiba. 56f.
- Emas JR (2021). Tipos de biodigestor: entenda o funcionamento e qual é o melhor para você. Disponível em: <https://emasjr.com.br/entenda-os-tipos-de-biodigestor-e-qual-e-o-mais-adequado-para-voce>.
- Embrapa (2020). Estatística: desempenho da produção. Embrapa Suínos e Aves. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>. Acesso em: 15 maio 2021.
- Farret FA (2010). Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica. 2. ed. Santa Maria, RS: Editora UFSM. 242p.
- Fernandes Filho AC et al. (2018). Utilização de biodigestores para geração de energia elétrica a partir de dejetos de suínos no Brasil. *Inovae*, 6(1): 67-84.
- Freitas LR et al. (2020). Construção de experimento de baixo custo e de alto interesse social: montagem de biodigestor caseiro. *Brazilian Journal of Development*, 6(5): 30099-30106.
- Frigo KDA et al. (2015). Biodigestores: seus modelos e aplicações. *Revista Acta Iguazu*, 4(1): 57-65.
- Fukuda JC (2013). Projeto de instalação de um biodigestor de baixo custo na sede de uma unidade de conservação. *Pós-Graduação em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras (Monografia)*, Lavras. 51f.
- Gaspar RMBL (2003). Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR. *Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação)*, Florianópolis. 119f.
- Gusmão MMFCC (2008). Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina. *Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação)*, Florianópolis. 170p.
- Hahn L et al. (2012). Persistência de patógenos e do antibiótico salinomycin em pilhas de compostagem de cama de aviário. *Archivos de zootecnia, Córdoba*, 61(234): 279-285.
- IBGE (2018). Suinocultura: estatística da produção pecuária. Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 83p.
- IBGE (2019). Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Brasília.

- Ipiranga ASR et al. (2011). Introdução. RAM, Revista de Administração Mackenzie (Online), São Paulo, 12(3): 13-20.
- Ito M et al. (2016). Impactos ambientais da suinocultura. Bando Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES Setorial, 44(1): 125–156.
- Jacobi T (2003). Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. Cadernos de Pesquisas, 1(118): 189-205.
- Khalid A et al. (2011). The anaerobic digestion of solid organic waste. Waste Management, 31(8): 1737–1744.
- Kunz A et al. (2005). Biodigestor para tratamento de dejetos de suínos: influência da temperatura ambiente. Embrapa Suínos e Aves, 1(1): 1–5.
- Lopes MC et al. (2020). Benefícios que podem ser oportunizados com o emprego de um biodigestor de pequeno porte em pequenas propriedades rurais do norte de Minas Gerais. Recital –Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, 2(1): 153-165.
- Martins FM et al. (2019). O abalo sísmico que mudou o rumo do mercado global de carnes. Anuário 2020. Suinocultura Industrial, 6(291): 14-19.
- Miele M et al. (2011). O desenvolvimento da suinocultura brasileira nos últimos 35 anos. In: Souza JCPVB et al. (Ed.). Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. p. 85-102.
- Moura RS et al. (2017). Análise da viabilidade do uso de biodigestores em propriedades rurais. For Science: revista científica do IFMG, 5(3): 1-16.
- Nascimento H. (2020). A produção e o consumo de carne suína no mundo. Suinocultura industrial. Disponível em: <https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/a-producao-e-o-consumo-de-carne-suina-no-mundo/20200512-110921-k561>. Acesso em: 13 maio 2021.
- Oliveira PAV (2004). Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Embrapa: Suínos e Aves. 109p.
- Pereira LC et al. (2018). Estudo comparativo de biogás produzido com resíduos animais. Revista Brasileira de Energias Renováveis, 7(4): 406- 422.
- Pott CM et al. (2017). Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. Estudos Avançados, 31(89): 271-283.
- Quintas JS (2006). Introdução à gestão ambiental pública. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2 ed. Brasília: IBAMA, 134p.
- Rodrigues NS et al. (2019). Uso de biodigestores para impulsionar a sustentabilidade ambiental. Brazilian Journal of Development, 5(1): 462-487.
- Romulo S (2013). Direito ambiental. Fundação Getúlio Vargas, Direto Rio. 181p.
- Salomom KR et al. (2007). Biomassa. Itajubá: FAPEPE. 36 p.

- Santos DF et al. (2017). Biodigestores como alternativa à sustentabilidade ambiental no campo brasileiro: Um balanço bibliográfico acerca dos modelos indiano, chinês e batelada. *Ciência Agrícola*, 15(Sup.): 35-39.
- Silva ML et al. (2018). Biodigestor como uma tecnologia de aproveitamento dos dejetos de suínos: Alternativa sustentável no município de Barreira, Ceará. *Interdisciplinary Scientific Journal*, 5(3): 1-14.
- Soares CMT et al. (2017). Fatores que influenciam o processo de digestão anaeróbia na produção de biogás. *Nativa*, 5(1): 522-528.
- Tanaka GC et al. (2020). Simulação de um modelo de otimização de biodigestores para a produção sustentável de bioenergia. *Brazilian Journals of Business*, 2(2): 1140-1150.
- Tietz CM et al. (2014). Influência da temperatura na produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 3(1): 80-96.
- Veloso AV et al. (2018). Custo energético de construção de biodigestores para o manejo e tratamento de resíduos da suinocultura. *Revista Energia na Agricultura*, 33(4): 330-337.
- Vivan M et al. (2010). Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(3): 320–325.
- Winckler ST et al. (2017). Impactos socioambientais da suinocultura no oeste catarinense e a iniciativa de implantação de biodigestores pelo Projeto Alto Uruguai. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 41(1): 237-251.

Irrigação de precisão 4.0

 10.46420/9786588319987cap8

Fernando Ferrari Putti^{1*} 

Jéssica Pigatto de Queiroz Barcelos² 

Angela Vacaro de Souza¹ 

Diogo de Lucca Sartori¹ 

INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos atualmente é crescente no planeta, não só em quantidade, mas cada vez mais os consumidores se tornam exigentes por alimentos de melhor qualidade. Nesse sentido, para atender essa demanda, agricultores vêm investindo mais em tecnologias na produção agrícola para poder oferecer alimentos mais saudáveis (FAO, 2017).

Essa revolução em que o campo vem passando, na qual o uso de tecnologia se faz cada vez mais presente, se iniciou na década de 1970 com a Revolução Verde, culminando no êxodo rural e consequentemente na falta de mão de obra no campo, exigindo dos produtores a utilização das máquinas para as atividades do campo, desde o preparo do solo até a colheita.

A tecnologia começa a ganhar outras vertentes para promover o aumento da produtividade no campo, como o melhorando vegetal, que se configura pelo surgimento dos organismos modificados geneticamente (OMGs), conferindo às lavouras maior potencial produtivo, maior resistência a pragas e doenças e organismos com qualidade superior as cultivares crioulas.

Associado a isso, algumas culturas começam a ser cultivadas em ambientes protegidos, agregando valor ao seu produto final, no qual podemos citar como exemplos as hortaliças, como: tomate, pimentão, pepino, berinjela e folhosas. Nesse tipo de ambiente controlado, são diversas as vantagens produtivas, sendo uma delas o controle do volume de água recebido pelas plantas. Assim, é possível disponibilizar o volume adequado, no momento certo, além de também ofertar a nutrição correta explorando o máximo potencial da cultura (Flach et al., 2020).

Além da irrigação no cultivo protegido, o uso da irrigação no campo vem ganhando destaque, no qual podemos observar com o aumento da área total irrigada no Brasil em torno de 52% entre os anos de 2006 a 2017. Concomitantemente, o uso dessa tecnologia fica evidenciado também pelo aumento do número de propriedades rurais que aderiram a tecnologia da irrigação em torno de 35%, no mesmo período observado (IBGE, 2017).

¹ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, SP

² Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP

* Autor(a) correspondente: fernando.putti@unesp.br

O aumento da área e do número de estabelecimentos que adotaram a irrigação para atender a demanda hídrica das lavouras fizeram crescer o número de empresas especializadas no ramo. Além disso, com o advento da tecnologia digital, como o uso de IoT (*Internet of things*), sensores, estações meteorológicas automatizadas e drones, fazem surgir diversas *startups*, que oferecem pacotes tecnológicos específicos para produtores rurais.

Assim, essas empresas buscam solucionar as duas perguntas mais importantes dentro da irrigação: determinar o quanto e quando irrigar. O desenvolvimento da planta, faz com que a demanda hídrica seja específica em cada etapa, bem como as variações climáticas, a sazonalidade e o tipo de solo. Associado a isso, neste pacote tecnológico está disponível a possibilidade do fornecimento de fertilizantes e defensivos químicos para as plantas, denominados fertirrigação e quimigação, respectivamente (Testezlaf, 2017).

Todo esse pacote de tecnologia para a irrigação nos últimos anos sofreu grande transformação, ao incorporar cada vez mais a automação, sendo denominado Irrigação de Precisão, que está inserido dentro do contexto de Agricultura 4.0.

Assim, esse capítulo de livro busca contextualizar sobre o histórico da irrigação até o atual cenário em que a Irrigação de precisão está inserida.

HISTÓRICO DA IRRIGAÇÃO

A agricultura, de forma geral, é caracterizada como sendo um marco para a fixação do homem nômade, pois o homem deixou de ser extrativista quando começou a produzir e cultivar seus próprios alimentos para consumo, ao ponto que, passou a se fixar em um determinado local. Uma das primeiras técnicas de agricultura utilizada foi o plantio às margens dos rios, que era considerada uma região altamente fertilizada após a ocorrência das chuvas. Entretanto, com o aumento da população nos vilarejos inicia-se um processo de agricultura em maior escala, impulsionando o desenvolvimento de novas técnicas para suprir a demanda por alimentos.

Os relatos de sistemas de irrigação pelo planeta, são diversos ao longo da história. Há relatos que os primeiros sistemas de irrigação surgiram ao longo do Rio Nilo, por volta de 6000 a.C, no rio Tigre e Eufrates, por volta de 4000 a.C. Já na China os relatos são de 3000 a.C ao longo do Rio Amarelo e na Índia próximo aos anos 2500 a.C, em que tais sistemas de irrigação era em formato de represamento de água em dique e depois sendo conduzidos por dutos para os campos (Usitsina, 1981).

Assim, o uso da irrigação se tornou indispensável para agricultura embora o uso da irrigação tenha se tornado indispensável para agricultura, os sistemas utilizados por sulcos ou inundação, apresentam baixa eficiência em torno de 40 a 60%. A baixa eficiência se justifica, pois, a falta de combinações adequadas de variáveis do comprimento da área, declividade da superfície do terreno, vazão aplicada e

tempo de inclinação e principalmente o manejo deficiente em que se caracteriza por não adotar o tempo adequado, ocasionando em muitas vezes a aplicação excessiva de água nas culturas.

Durante séculos o sistema de irrigação por inundação foi amplamente utilizado pelo mundo. Entretanto a busca por inovação e principalmente por aumentar a eficiência, faz com que os sistemas de irrigação pressurizados ganhem cada vez mais espaço no campo. Assim, o primeiro registro de irrigação pressurizados é da Patente que foi concedida a John Gibson, que em 1872 desenvolveu um aspersor, embora não haja registro de sua produção comercial. No período de 1872 a 1876 foram concedidas 8 patentes para aspersões residenciais e bocais, mas podemos destacar o período pós Segunda Guerra Mundial, em que a irrigação ganha força, pois se inicia uma transformação no campo, e podemos citar como exemplo, uso de tubos de alumínio, motores elétricos, entre outros. No entanto, nesse período o grande marco foi o desenvolvimento do pivô central, por Frank Zybach. Então começa a surgir a preocupação de saber quanto de água era necessário, assim se fazia a necessidade de determinar a umidade do solo, e em 1951, a Empresa Irrrometer Company desenvolveu o primeiro modelo de um tensiometro (Perret, 2002; Usitsina, 1981).

Assim, os Estados Unidos foi o palco do desenvolvimento de muitas das inovações na irrigação. Até a chegada dos sistemas de irrigação por gotejamento, sendo mais eficiente e com menor taxa de desperdício de água, podendo atingir 95% de eficiência.

CENÁRIO BRASILEIRO DA IRRIGAÇÃO

O Brasil se caracteriza por ser um grande produtor mundial de alimentos, com destaque para a produção de soja, milho, cana-de-açúcar, carne bovina, café, entre outros. Nossos indicadores de produção agrícola são favorecidos devido as condições edafoclimáticas que proporcionam vantagens competitivas, como distribuição de chuvas, solos agricultáveis, clima e disponibilidade de água para a irrigação, ressaltando não apenas em quantidade disponível de água, mas também sua qualidade.

Como já retratado, o Brasil apresenta atualmente uma área agricultável disponível total estimada em aproximadamente 152 milhões de hectares, correspondendo a 18% do território nacional, sendo que apenas 62,5 milhões de hectares ou 7,3% do território é de área agricultável (Carvalho et al., 2020).

O potencial para exploração de áreas ainda é muito grande no Brasil. Associado a isso, podemos observar pelos dados do IBGE (2017) que houve um aumento no uso da irrigação de 2006, pois saímos de uma área de 4.5 milhões de hectares irrigados para aproximadamente 6,7 milhões de hectares, que configura em um incremento de 52% (Carvalho et al., 2020).

E podemos observar que a tecnologia na irrigação está cada vez mais presente, já que a área irrigada por sistema localizado aumentou em 5 vezes (300%), enquanto o uso de sistema de irrigação por inundação teve um aumento de 25% e o por sulco uma redução em torno de 50%. Assim, observamos que áreas irrigadas com sistemas de baixa eficiência e tecnologia em seu uso estão reduzindo.

Adicionalmente, observamos que o sistema por pivô central apresentou aumento em torno de 40% na área irrigada.

Importante destacar que esse crescimento não é homogêneo pelo Brasil, sendo que os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Goiás, respectivamente nessa ordem foram os que apresentaram o maior crescimento em área irrigada, estando estes, associados à sua proximidade de grandes centros consumidores.

De acordo com IBGE (2017), a irrigação tem seu uso preferencial para a produção de lavouras temporárias (22%), horticultura e floricultura (17%) e lavouras permanentes (16%), demonstrando que o uso da irrigação é destinado principalmente a lavouras de maior valor agregado.

Aqui cabe uma ressalva importante, pois no Brasil existem cerca de 30 mil hectares de cultivo protegido, em sua maior parte utilizando sistemas de irrigação, sendo cultivado principalmente hortaliças e flores, e o principal sistema de irrigação utilizado é o localizado.

Assim, a crescente utilização de sistema de irrigação no Brasil, faz com que ocorra aumento pelo uso de água para essa finalidade. Desta forma, a legislação Brasileira, por meio da Lei N° 12.787, de 11 junho de 2013, que traz em seus princípios a preocupação pelo uso irracional da água além da problemática do conflito pelo seu uso. Outro ponto importante que a lei apresenta é a vertente sobre seu uso sustentável e a viabilidade do uso múltiplo pelos integrantes da sociedade (Brasil, 2013).

FERTIRRIGAÇÃO

A irrigação vem passando por uma evolução nas últimas 5 décadas, e podemos falar que um grande avanço foi utilizar o próprio sistema de irrigação para fazer adubação da lavoura. Esse processo denominado de fertirrigação, atualmente está presente na maioria dos sistemas de irrigação, pois apresenta vantagens quando comparado com a realização da adubação de forma manual ou mesmo com máquinas.

Os primeiros registros sobre injeção de fertilizantes em sistema de irrigação são relatados nos anos de 1960, quando criados os sistemas de irrigação localizados em Israel. Na mesma época nos EUA relatos indicam que a fertirrigação era realizada por meio da irrigação por aspersores. Aqui no Brasil, a tecnologia começou a ser implementada no início dos anos 70 com a importação da tecnologia de Israel, sendo os primeiros experimentos com início na Embrapa Hortaliças em 1977 (Carrijo et al., 1999; Bryan et al., 1958).

Podemos destacar que além da rapidez para realizar a adubação, também ocorre a economia de mão de obra e tempo, e como a aplicação por meio da fertirrigação utiliza fertilizantes com maior grau de pureza, há uma redução de perdas por lixiviação ou volatilização.

Outro ponto que merece destaque é a melhor distribuição dos fertilizantes no perfil do solo, que auxiliam na assimilação pelas plantas, pois como estão diluídos em água, interagem mais rapidamente na

solução do solo. Assim, o sistema de fertirrigação, promove uma facilidade que auxilia no manejo da lavoura, que é a possibilidade da realização da adubação em função do estágio de desenvolvimento da cultura, assim promovendo a distribuição do nutriente mais importante para cada momento da cultura (García-Saldaña et al., 2019).

Entretanto, existem diversos pontos que podem gerar problemas no sistema de irrigação ou mesmo na lavoura. Podemos citar como o maior problema da fertirrigação para o sistema de irrigação, a utilização de fertilizantes inadequados, ou seja, não solúveis em água ou com impurezas, o que pode acarretar no entupimento de emissores, principalmente no caso de sistema de irrigação localizado. Também podemos mencionar a corrosão da tubulação, caso não seja realizada a lavagem da tubulação após a fertirrigação (Lin et al., 2020).

Em relação aos impactos da fertirrigação realizada de maneira inadequada para a lavoura, alterações no pH e na salinidade da água, podem causar inúmeros problemas no solo, como sua acidificação e salinização (Fuess et al., 2018; Montenegro et al., 2010).

A Figura 1, apresenta o esquema do fluxo que deve ser o sistema de irrigação com a injeção de fertilizantes. Ressalta que a injeção de fertilizante deve ser realizada após o filtro, para não haver retenção do mesmo. Por isso, a importância do uso de fertilizantes puros e de qualidade, para que não ocorra entupimento do sistema.

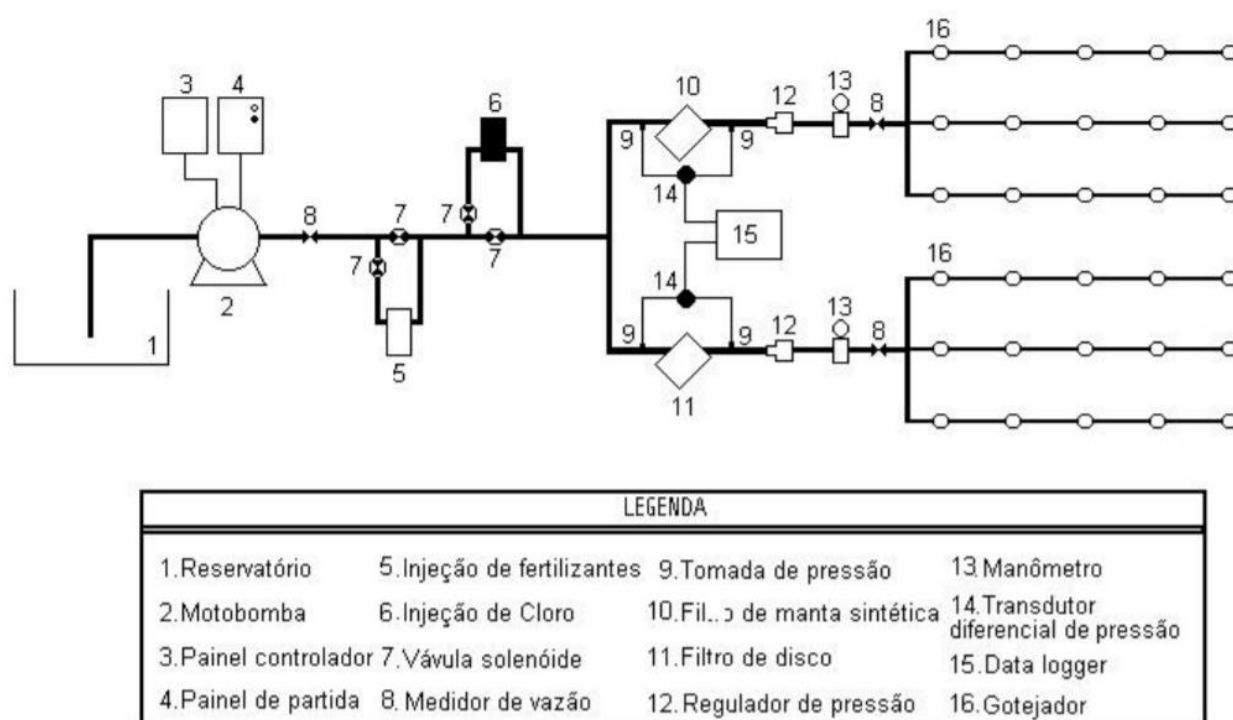


Figura 1. Esquema de um sistema de irrigação com a injeção de fertilizantes, via fertirrigação. Fonte: Ribeiro et al. (2005).

A boa prática para fertirrigação está relacionada com o sistema de irrigação e principalmente do conhecimento da utilização dos fertilizantes corretos. Deste modo, os sistemas de irrigação que apresentam alta uniformidade são os que proporcionam a melhor distribuição de fertilizantes. Diante disso, o sistema que melhor apresenta uniformidade e eficiência é o sistema localizado por gotejamento ou micro aspersão. A Tabela 1 apresenta as principais diferenças e semelhanças sobre os sistemas de irrigação, para a utilização da fertirrigação.

Tabela 1. Diferenças entre os sistemas de irrigação e aplicação de fertilizantes. Fonte: Fonseca (2009) *apud* adaptado Villas Bôas et al. (1999).

Características	Microaspersão	Aspersão	Sulco
Uso de água	maior eficiência	menor eficiência	menor eficiência
Frequência de aplicação	maior	menor	menor
Distribuição de água	homogênea	homogênea	não homogênea
Distribuição de adubo	próximo ao sistema radicular	área toda	varia ao longo do sulco
Variações climáticas	menor limitação	maior limitação	maior limitação
Qualidade da água (saís)	maior limitação	menor limitação	menor limitação
Impureza da água e fertilizantes	maior limitação	menor limitação	menor limitação
Sistema radicular	restrito	sem restrição	sem restrição

QUIMIGAÇÃO

O sistema de irrigação pode ser utilizado para realizar a fertirrigação e também pode proporcionar ao produtor uma forma alternativa de aplicar produtos químicos e biológicos. Os principais produtos para serem aplicados são, herbicidas (herbificação), inseticidas (insetificação), bioinseticidas (bioinsetificação), fungicidas (fungificação) e nematicidas (nematificação) (Vieira, 1994).

A quimificação pode ser realizada em todos os sistemas de irrigação superficial, tanto em aspersão como localizada. Entretanto nos sistemas de irrigação de superfície e por gotejamento tem a finalidade de aplicar agroquímicos que visem a melhoria das condições do solo. Já nos sistemas por aspersão também podem ser aplicados produtos para atingir a parte aérea, pode ser aplicado para atingir a parte área da planta e para obter a máxima eficiência, sendo a recomendação de sua aplicação ao final da irrigação para evitar o escoamento. No caso de pivô central a sua injeção deve ser realizada forma contínua (Carrijo et al., 1999).

De forma geral a técnica de quimificação é ainda pouco utilizada por produtores, pois sua eficiência pode ser comprometida caso não realizada de forma adequada, podendo gerar problemas ambientais como a contaminação de solos e da água. Porém, se realizada de maneira correta, apresenta diversas

vantagens, como redução do custo das aplicações, menor exposição do operador aos defensivos e menor concentração do defensivos na água, redução da compactação do solo e de danos mecânicos à cultura, maior flexibilidade de aplicação e redução da deriva e da evaporação.

Entretanto, os riscos são inerentes, em que a falta de legalidade no uso de alguns defensivos químicos para água de irrigação no Brasil, pouca difusão da tecnologia, risco de contaminação do ambiente, demora para a aplicação, aplicação desuniforme no início da injeção e muitas vezes molhamento sem necessidade.

Além disso, desvantagens como ocorrem no sistema de fertirrigação também podem ocorrer na quimigação, como corrosão do sistema, salinização e alteração do pH do solo.

IRRIGAÇÃO DE PRECISÃO

A crescente demanda por alimentos, associado a qualidade dos produtos fazem que produtores busquem tecnologias para se diferenciarem no mercado. Desta forma, o investimento em ambiente protegidos, monitoramento em tempo real, sistemas de irrigação (fertirrigação e quimigação) e máquinas são fundamentais para se tornar competitivo e sobreviver a concorrência.

Dessa forma, o avanço da tecnologia no campo ficou conhecida como Agricultura 4.0., em que estão inseridos o uso do sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global (GPS), sistema de informações geográficas (GIS), rede de sensores sem fio (WSN), modelos de simulação de crescimento de plantas, estações meteorológicas automáticas, câmeras multiespectrais, veículos aéreos não tripulados (VANTs), softwares e aplicativos (Benyezze et al., 2018; Ghosh et al., 2016; Namala et al., 2016) .

Diante da crescente necessidade do manejo de forma adequada e sustentável de água, vem crescendo o uso desse arcabouço tecnológico dentro do campo, principalmente na irrigação, pois, o manejo da lavoura pode ser realizado por meio do solo, planta ou clima, e para isso é necessário gerar, registrar, monitorar o armazenamento e a interpretação em tempo real desse grande número de dados (Krishnan et al., 2020; Sinwar et al., 2020).

Dessa forma, a gestão eficiente da propriedade agrícola está cada vez relacionada com o levantamento de dados e monitoramento. Pois, os sistemas integrados possibilitam a gestão a eficiente da lavoura e assim passando esse pacote a ser denominado de “*Smart farm*” (McCready et al., 2009; Nasiakou et al., 2016). A Figura 2 retrata essa realidade, em que o sistema de gerenciamento de uma propriedade agrícola está associado a diversos outros componentes de monitoramento (Sinwar et al., 2020).



Figura 2. A Irrigação de Precisão na Agricultura 4.0. Fonte: (Agromove, 2021; Lin et al., 2020; Zambon et al., 2019).

Portanto, a irrigação de precisão tem como objetivo fornecer água no volume, no tempo e no local que a planta precisar, de acordo com a necessidade da cultura, com a maior eficiência possível, além da possibilidade de reduzir a mão de obra, e os custos com adubação e aplicação de defensivos, ao adicioná-los junto a água de irrigação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da irrigação de precisão ainda é tímida e precisa ser mais explorada no campo. Além do custo muitas vezes ser inacessível para o produtor, existem lacunas que precisam ser preenchidas com pesquisa, como a aplicação de água em taxa variável e o manejo da fertirrigação e também a quimigação.

Porém, o caminho traçado com o uso de sensores, VANT's, câmera espectrais, softwares e *apps*, é irreversível. A automação do campo está cada vez mais presente e será fundamental para a redução dos custos e principalmente suprir a falta de mão de obra. Além disso, é importante ressaltar que o uso da tecnologia está associado a sustentabilidade ambiental, com o uso adequado dos insumos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROMOVE (2021). A Irrigação de Precisão na Agricultura 4.0 - Agromove. Retrieved May 24, 2021, from <https://blog.agromove.com.br/irrigacao-precisao/>

- ANA (2017). Agência Nacional de Águas. Atlas irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. Brasília, ANA. 86p.
- Benyezza H et al. (2018). Smart Irrigation System Based Thingspeak and Arduino. 2018 International Conference on Applied Smart Systems (ICASS), 1(1): 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICASS.2018.8651993>
- BRASIL (2013). Lei Nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013, Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jan. 2013.
- Bryan BB et al. (1958). Distribution of fertilizer materials applied with sprinkler irrigation system. Arkansas: University of Arkansas Experiment Station Research.
- Carrijo IV et al. (1999). Abóbora italiana. In: Ribeiro AC et al. (Org.). Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5.^a Aproximação. Viçosa: CFSEMG, p.175
- Carvalho DF et al. (2020). Evolution and current scenario of irrigated area in Brazil: Systematic data analysis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 24(8): 505–511. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n8p505-511>
- FAO (2017). Food and Agriculture Organization. Agricultura irrigada sustentável no Brasil: Identificação de áreas prioritárias. Brasília. 243p.
- Flach R et al. (2020). Water productivity and footprint of major Brazilian rainfed crops: A spatially explicit analysis of crop management scenarios. Agricultural Water Management, 233. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105996>
- Fuess LT et al. (2018). Seasonal characterization of sugarcane vinasse: Assessing environmental impacts from fertirrigation and the bioenergy recovery potential through biodigestion. Science of the Total Environment, 634(1): 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.326>
- García-Saldaña A et al. (2019). Fertirrigation with Low-Pressure Multi-Gate Irrigation Systems in Sugarcane Agroecosystems: A Review. Pedosphere, 29(1): 1–11. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60053-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60053-0)
- Ghosh S et al. (2016). Smart irrigation: A smart drip irrigation system using cloud, android and data mining. 2016 IEEE International Conference on Advances in Electronics, Communication and Computer Technology (ICAECCT), 1(1): 236–239. <https://doi.org/10.1109/ICAECCT.2016.7942589>
- IBGE (2017). Manual do Recenseador CA - 1.09: Censo Agro 2017. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 147p.
- Krishnan RS et al. (2020). Fuzzy Logic based Smart Irrigation System using Internet of Things. Journal of Cleaner Production, 252, 119902. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119902>

- Lin N et al. (2020). Fertigation management for sustainable precision agriculture based on Internet of Things. *Journal of Cleaner Production*, 277, 124119. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124119>
- Loiola ML et al. (2001). Estatísticas sobre irrigação no Brasil segundo o Censo Agropecuário 1995-1996. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5(1): 171-180. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000100033>
- McCready MS et al. (2009). Water conservation potential of smart irrigation controllers on St. Augustinegrass. *Agricultural Water Management*, 96(11): 1623–1632. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.06.007>
- Montenegro SG et al. (2010). Improving agricultural water management in the semi-arid region of Brazil: experimental and modelling study. *Irrigation Science*, 28(4): 301–316. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0191-y>
- Namala K et al. (2016). Smart irrigation with embedded system. *IEEE Bombay Section Symposium 2016: Frontiers of Technology: Fuelling Prosperity of Planet and People*, IBSS 2016. <https://doi.org/10.1109/IBSS.2016.7940199>
- Nasiakou A et al. (2016). Smart energy for smart irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 129(1): 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.09.008>
- Perret SR (2002). Water policies and smallholding irrigation schemes in South Africa: A history and new institutional challenges. *Water Policy*, 4(3): 283–300. [https://doi.org/10.1016/S1366-7017\(02\)00031-4](https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00031-4)
- RIBEIRO, Túlio AP et al. Variação temporal da qualidade da água no desempenho de filtros utilizados na irrigação por gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 450-456, 2005.
- Sinwar D et al. (2020). AI-Based Yield Prediction and Smart Irrigation. In Pattnaik PK et al. (Org.). pp. 155–180. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0663-5_8
- Testezlaf R (2017). Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações. Unicamp/ FEAGRI. 215p.
- Usitsina GN (1981). The History of Irrigation Agriculture in Southern Turkmenia. *Soviet Anthropology and Archeology*, 19(3–4): 350–358. <https://doi.org/https://doi.org/10.2753/AAE1061-1959190304350>
- Vieira RF (1994). Fundamentos da quimigação e fertigação. In Vieira C et al. (Org.) *Feijão* 2(1): 213–258.
- Zambon I et al. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. *Processes*, 7(1): 36. <https://doi.org/10.3390/pr7010036>

ÍNDICE REMISSIVO

A

agricultura, 11, 19, 20, 21, 23, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 58, 67, 68, 70, 72, 76, 77, 79, 91
Agricultura inteligente, 33
agronegócio, 6, 7, 10, 11, 12, 16, 26, 31, 32, 34, 36, 38, 43, 47, 49, 53, 55, 57, 58, 76
agropecuária, 21, 37, 45, 46, 53, 61, 70
água, 18, 20, 23, 26, 27, 34, 36, 45, 55, 57, 68, 71, 76, 79, 80, 83, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

B

biodigestores, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 85
biogás, 20, 77, 80, 81, 82, 83, 84
biológica, 20, 58
Biossegurança, 24, 26

C

conservacionista, 67, 68, 69, 70, 71, 72

D

desafio, 10, 17, 31, 35, 37, 43, 48, 55, 57, 58, 72, 78, 80
desenvolvimento, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 36, 38, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 67, 72, 77, 78, 80, 91, 92, 94
digitais, 31, 32, 35, 37, 38, 49

E

economia, 6, 7, 8, 9, 10, 23, 31, 37, 43, 46, 47, 53, 93
estratégias, 8, 10, 11, 16, 17, 20, 55, 56, 58

F

Floresta, 20, 59, 69, 70

G

gargalos, 8, 16, 22, 23, 27, 49
globalização, 6, 32

I

impacto ambiental, 11, 57, 78, 79
inovações, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 22, 24, 25, 27, 45, 53, 92
Inteligência Artificial, 32, 47
inteligência humana, 32
Internet das coisas, 34
irrigação, 20, 34, 36, 37, 45, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97
Irrigação de precisão, 90, 91

L

Lavoura, 20, 59, 69, 70
legislações, 21, 22, 23, 27

M

máquinas, 20, 25, 32, 33, 35, 42, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 59, 72, 90, 93, 96
meio ambiente, 17, 18, 20, 21, 23, 27, 45, 46, 49, 55, 56, 58, 59, 76, 77, 78, 79, 81
mercado, 6, 8, 9, 10, 11, 17, 19, 22, 24, 26, 35, 48, 53, 55, 59, 77, 78, 96
modelagem, 32, 33, 35
modelos matemáticos, 31, 32, 33, 34

N

negócio, 11, 16, 17

P

Pecuária, 20, 59, 69, 70
pesquisa, 7, 8, 9, 16, 17, 21, 22, 25, 26, 38, 62, 97
plantio, 18, 19, 26, 34, 37, 44, 49, 59, 60, 61, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 91
Plantio Direto, 19, 68, 71, 72
produção agrícola, 18, 31, 38, 42, 43, 53, 54, 57, 59, 67, 68, 69, 77, 90, 92
produtividade, 6, 8, 9, 10, 12, 18, 20, 21, 23, 31, 35, 36, 38, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 67, 68, 72, 90
produtivo, 6, 8, 20, 24, 27, 46, 56, 57, 58, 59, 62, 80, 90

produtores, 10, 11, 12, 18, 21, 23, 31, 43, 44, 45,
46, 49, 61, 62, 67, 72, 76, 78, 80, 81, 90, 91,
95, 96

R

recursos naturais, 19, 31, 48, 49, 55, 56, 57, 58,
59, 67, 78, 80
revolução tecnológica, 43, 45

S

sensoriamento remoto, 35, 47, 96
sistemas integrados, 68, 69, 70, 96
startups, 34, 91

T

técnicas, 8, 16, 18, 20, 32, 35, 42, 44, 47, 50, 56,
57, 59, 62, 67, 68, 70, 72, 79, 85, 91
tecnologias, 6, 9, 11, 17, 19, 20, 22, 31, 32, 34,
37, 38, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 53, 54,
57, 62, 67, 80, 90, 96

U

uso sustentável, 21, 58, 93

V

variações climáticas, 91

SOBRE OS ORGANIZADORES



  **Bruno César Góes**

Graduado em Administração pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Tupã (2016). Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Tupã (2019). Doutor em Agronegócio e Desenvolvimento pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Tupã (2020). Docente da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Campus de Alfenas-MG.



  **Fernando Ferrari Putti**

Graduado em Administração pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Tupã (2012). Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Botucatu (2014). Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Botucatu (2015). Docente da Universidade Estadual Paulista (UNESP), da Faculdade de Ciências e Engenharia, Campus de Tupã-SP.



  **Adriano Bortolotti da Silva**

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (1997), mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras (2001) e doutorado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras (2006). Atualmente é professor da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS). Coordenador do Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária e do Doutorado em Agricultura Sustentável.



ISBN 978-658831998-7



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br