



AGRICULTURA DIGITAL, AGRODADOS E REGULAÇÃO

Cássia Isabel Costa Mendes
Juliano de Souza de Albuquerque Maranhão
Antônio Mauro Saraiva

Editores Técnicos

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agricultura Digital
Ministério da Agricultura e Pecuária*



AGRICULTURA DIGITAL, AGRODADOS E REGULAÇÃO



*Cássia Isabel Costa Mendes
Juliano de Souza de Albuquerque Maranhão
Antônio Mauro Saraiva*

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2024

Embrapa

Parque Estação Biológica
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo

Embrapa Agricultura Digital
Av. Dr. André Tosello, 209, Barão Geraldo
13083-886 – Campinas, SP
www.embrapa.br/agricultura-digital

Comitê Local de Publicações (atual)

Presidente
Júlio Esquerdo

Membros

*Adauto Mancini, Alan Nakai, Carla Osawa, Geraldo
Cançado, Graziella Galinari, Joice Bariani, Juliana
Yassitepe, Luiz Manoel Silva Cunha, Magda Cruciol,
Paula Falcão, Sônia Ternes*

Comitê Local de Publicações

Presidente
Carla Macário

Membros

*Alexandre de Castro, Carla Osawa, Debora Pignatari
Drucker, Graziella Galinari Ivan Mazoni, João
Camargo Neto, Joao Antunes, Magda Cruciol, Maria
Fernanda Moura*

Responsável pela editoração

Embrapa Agricultura Digital

Edição executiva

Magda Cruciol

Revisão de texto

Graziella Galinari

Normalização bibliográfica

Carla Cristiane Osawa

Projeto gráfico e diagramação

Lucas Barros sob supervisão de Magda Cruciol

Foto da Capa

Lilian Alves com grafismos de Lucas Barros

1ª edição

Publicação digital (2024): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agricultura Digital

Agricultura digital, agrodados e regulação / Cássia Isabel Costa Mendes ... [et al].
– Brasília, DF : Embrapa, 2024.

ISBN 978-65-5467-069-2

1. Agricultura. 2. Agricultura digital. 3. Dados agrícolas. 4. Agrodados. 5.
Digitalização. 6. Regulação. I. Mendes, Cássia Isabel Costa Mendes. II. Maranhão,
Juliano de Souza de Albuquerque. III. Saraiva, António Mauro. IV. Embrapa
Agricultura Digital.

CDD (21. ed.) 630.285

Carla Cristiane Osawa (CRB-8/10421)

©Embrapa 2024

Autores

Alexandre Cláudio Botazzo Delbem

Graduado em Sistemas de Potência, doutor em Engenharia Elétrica, professor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP

Antônio Mauro Saraiva

Engenheiro eletricista, engenheiro-agrônomo, professor titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

Carla Geovana do Nascimento Macário

Cientista da computação, doutora em Ciência da Computação, pesquisadora da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Cássia Isabel Costa Mendes

Advogada, doutora em Desenvolvimento Econômico, analista da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Cristina Godoy Bernardo de Oliveira

Advogada, doutora em Direito, professora da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP

Debora Pignatari Drucker

Engenheira florestal, doutora em Ambiente e Sociedade, analista da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Fernando Elias Correa

Cientista de dados, doutor em Ciências, pesquisador do Centro de Inteligência Artificial da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

Fernando Santos Osório

Cientista da computação, doutor em Computação, professor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, São Carlos, SP

Filipi Miranda Soares

Bibliotecário, mestre em Gestão e Organização do Conhecimento, pesquisador da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

Jayme Garcia Arnal Barbedo

Engenheiro eletricista, doutor em Engenharia Elétrica, pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Juliana Meireles Fortaleza

Engenheira-agrônoma, mestre em Ciências Agrárias, pesquisadora da Gerência-adjunta de Dados e Informação, Embrapa, Brasília, DF

Juliano de Souza de Albuquerque Maranhão

Advogado, professor livre-docente da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

Kelly Rosa Braghetto

Cientista da computação, doutora em Ciência da Computação, professora do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

Luciana Alvim Santos Romani

Cientista da computação, doutora em Ciência da Computação, pesquisadora da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Roberto Fray da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Elétrica, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

Apresentação

A agricultura digital, apoiada pela pesquisa agropecuária pública, é intensiva em uso de grande massa de dados. Em todos os setores da economia está em crescimento o volume de dados gerados. É imprescindível às Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT), como a Embrapa, conciliar a proteção de dados e o avanço científico e tecnológico, considerando que os agrodados – definidos como tais os dados coletados, armazenados e processados provenientes dos empreendimentos agrícolas – são insumos relevantes para o processo de produção do conhecimento.

O aumento das inovações digitais no campo fez emergir, no mundo e no Brasil, iniciativas de arcabouço normativo para regulamentar a governança de agrodados advindos das atividades agropecuárias que envolve agentes públicos e privados do ecossistema de inovação agrícola.

Nesse sentido, há iniciativas de autorregulação setorial para compartilhamento de agrodados, por meio da edição de regras prescritas por associações de agricultores e fornecedores de tecnologias, nos Estados Unidos e na União Europeia, bem como a aprovação de regulamentos europeus para tratar de aspectos da governança de dados pessoais e dados não pessoais. No Brasil, para além da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), em vigor desde 2020, há projetos em trâmite no Congresso Nacional, com grande impacto para o compartilhamento de dados, considerando que o cerne do debate é o uso de enormes volumes de dados que treinam e alimentam sistemas de inteligência artificial. Exemplos são as iniciativas legislativas para regular o tratamento de agrodados, o uso da inteligência artificial e as plataformas digitais.

A tendência mundial de compartilhamento de dados aponta para o tema central dessa obra inédita que aborda o assunto de vanguarda “Agricultura Digital, Agrodados e Regulação”.

A obra contribui para uma nova linha de pesquisa interdisciplinar emergente, com elementos das áreas do Direito, da Tecnologia da Informação e da Ciência de Dados, com aporte teórico e empírico sobre governança de dados em órgãos públicos de ensino, pesquisa e inovação agrícola.

O Plano Diretor da Embrapa 2024-2030 enuncia a nobre missão da empresa em viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. Para o cumprimento dessa missão, a Embrapa fez escolhas estratégicas integradas ao contexto global, dentre as quais destacam-se três relacionadas ao tema deste livro.

A inclusão digital para gerar e compartilhar conhecimentos e alternativas tecnológicas voltadas para fomentar a digitalização no campo e a inclusão social. A ampliação da produção do conhecimento em tecnologias emergentes e disruptivas, como a agricultura digital, a automação, a aplicação da inteligência artificial e o avanço em áreas portadoras de futuro. E a ampliação da transformação digital na Embrapa a partir da governança de dados e da tecnologia da informação, para aumentar a capacidade de compartilhamento e uso do conhecimento na era digital. O agrodado está no cerne das três escolhas estratégicas, pois é matéria-prima essencial para pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Aumentar a capacidade colaborativa entre agentes do ecossistema de inovação também é um objetivo estratégico perseguido pela Embrapa. Nesse sentido, destacamos e agradecemos as frutíferas parcerias institucionais envolvidas para a realização desta obra, reconhecidas pela reputação técnica internacional e nacional: a Universidade de São Paulo (USP), o Centro de Inteligência Artificial (C4AI)¹ e a Associação Lawgorithm de Pesquisa em Inteligência Artificial.

Boa leitura!

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá
Presidente da Embrapa

¹ c4ai.inova.usp.br

Prefácio

O livro tem por objetivos explorar a temática Agricultura Digital, Agrodados e Regulação no contexto da pesquisa pública agrícola e discorrer, numa abordagem sintetizada e didática, sobre como ocorre e é regulamentado o uso, o compartilhamento, o tratamento e a abertura de dados agrícolas no contexto da digitalização da agricultura.

O livro está organizado em cinco capítulos.

O primeiro apresenta a agricultura digital, sua definição, evolução ao longo das décadas da agricultura de agricultura 1.0 até a 5.0, bem como as tecnologias digitais emergentes.

Com o pano de fundo da digitalização da agricultura intensiva em uso de dados, o segundo capítulo discorre sobre os agrodados, sua definição, tipologia e os relata os questionamentos jurídicos advindos do seu uso e compartilhamento. Aborda, também, numa dimensão de direito comparado, a regulamentação e as iniciativas de autorregulação setorial para uso de dados agrícolas adotadas nos Estados Unidos, na União Europeia e no Brasil.

Para além das iniciativas de regulação dos agrodados, o terceiro capítulo comenta os movimentos de países e governos para a abertura de agrodados e o fomento à inovação tecnológica, relatando alguns projetos de abertura de agrodados (tais como ciência aberta, Parceria para Governo Aberto e Go Fair Brasil Agro), e, neste contexto, apresenta a interconexão entre big data, inteligência artificial e agricultura digital e suas implicações institucionais.

A simbiose entre formas de compartilhamento de agrodados (via contratos de licenciamento, em formato aberto e via termos de consentimento) é abordada no quarto capítulo, numa perspectiva empírica, discorrendo sobre o estudo de caso de governança de dados na pesquisa agrícola no âmbito de projeto de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) na Embrapa.

O capítulo cinco enfeixa o livro, e apresenta, num olhar para o presente, a experiência em governança de dados agrícolas da equipe de pesquisadores do Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital, e, num olhar para o futuro, discorre sobre as tendências, desafios e oportunidades para a agricultura digital e o avanço no tratamento de agrodados com vistas a conciliar a segurança jurídica e o avanço do desenvolvimento científico e tecnológico agrícola.

Editores Técnicos

Sumário

Agricultura digital.....	13
Introdução	15
Definição e evolução	16
Tecnologias digitais para a agricultura	18
Conclusões.....	29
Referências	31
Agrodados e regulação	35
Introdução	37
Agricultura digital e agrodados: tipologia e implicações jurídicas.....	38
Arcabouço legal do ambiente digital.....	45
Compartilhamento de agrodados e autorregulação setorial: direito comparado	
Estados Unidos, União Europeia e Brasil	51
Conclusões.....	59
Referências	61
Redes e parcerias para abertura de dados agrícolas	65
Introdução	67
Modelo de metadados AlmesCORE	68
Protocolo de metadados para integração de agrodados	69
GT de dados, metadados e repositórios – rede GO FAIR Agro Brasil	73
Conclusões.....	74
Referências	75
Ecossistema de governança de dados e a pesquisa pública agrícola	77
Introdução	79
Ecossistema de governança de dados públicos no Brasil.....	80
Governança de dados agropecuários: o caso da Embrapa	91
Crédito de carbono, blockchain e governança de dados: desafios e perspectivas	97
Conclusões.....	98
Referências	99
Perspectivas dos agrodados e da digitalização da agricultura.....	107
Introdução	109
Governança de dados agrícolas no âmbito do Centro de Ciência para o	
desenvolvimento em agricultura digital	110
Tendências, desafios e oportunidades	112
Conclusões	115
Referências	116

capítulo

1 Agricultura Digital

Antônio Mauro Saraiva
Alexandre Cláudio Botazzo Delbem
Fernando Santos Osório
Roberto Fray da Silva



Introdução

O que hoje é chamado de Agricultura Digital, resulta de um longo processo de evolução, tanto do setor agrícola (em sentido amplo, ou agropecuário, ou agronegócio) como das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs)¹. Segue o que ocorreu com a indústria, na qual hoje correntemente dizemos que estamos, pelo menos, na fase da Indústria 4.0 (Quarta Revolução Industrial) (Figura 1.1).

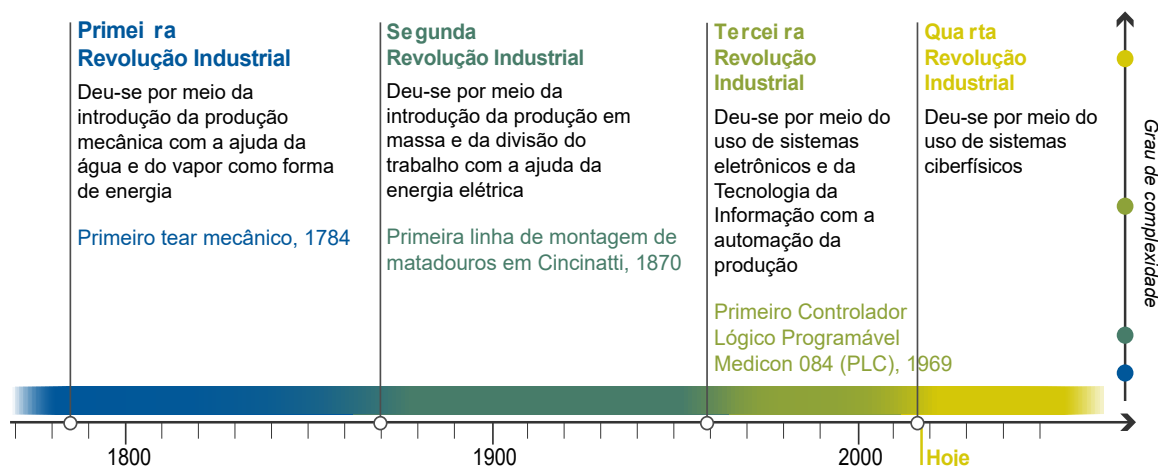


Figura 1.1. A Revolução Industrial e a Quarta Revolução.

Fonte: Adaptado de Rameshwar (2021).

No setor industrial, tivemos as seguintes fases, as quais são relacionadas a grandes saltos na forma de se produzir, no manuseio, nos recursos empregados e na automação (Indústria [...], 2023):

Primeira revolução: Produção mecânica com energia a vapor e hídrica.

Segunda revolução: Produção em massa com energia elétrica, petróleo e novos materiais.

Terceira revolução: Introdução da Tecnologia da Informação na automação e produção industrial.

Quarta revolução: Produção flexível, customizada e interconectada, com Internet das Coisas (ou IoT, do inglês Internet of Things), robôs inteligentes, conectividade (dados na nuvem) de células de trabalho e fábricas, projetos CAD (Computer aided design) / CAE (engineering) / CAM (manufacturing) / CAP (planning) / CIM (Computer integrated manufacturing), uso da Inteligência Artificial, uso da manufatura aditiva (impressoras 3D), dentre outros.

Note que as etapas de evolução/revolução são o resultado da introdução de novos recursos tecnológicos, que na fase mais avançada e mais recente da história,

¹ SARAIVA. **Agricultura Digital**. 2021. Apresentação. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1N9FMBYc-HTwfc1UWGL47vKLC_4l8fCKU; SARAIVA. **Desafios tecnológicos para inteligência artificial no agronegócio sustentável**. 2021. Apresentação. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1N9FMBYc-HTwfc1UWGL47vKLC_4l8fCKU

acaba por integrar a produção com uma maior automação e com um maior uso das tecnologias da informação e comunicação. Estas permitem otimizar, incrementar a produção, e atender mais especificamente às necessidades e demandas de mercado, permitindo a customização da produção.

Existem paralelos à Revolução Industrial em outras áreas, como nas áreas da saúde e do agronegócio. Mas, ao contrário de outras áreas de atividade, que foram mais velozes na adoção das TICs em suas atividades e processos, a agricultura, genericamente falando, ainda é uma das menos digitalizadas (Krishnan, 2017). Cumpre notar que essa situação é bastante diversificada entre os diferentes países e setores do agronegócio, e que esse cenário tem mudado rapidamente nos últimos anos com a adoção das TICs no setor.

Definição e evolução

Na agricultura, desde seu surgimento, tivemos uma grande evolução ao longo dos milênios e, em especial, nos séculos e décadas mais recentes. Uma possível denominação para as principais fases dessa evolução, é:

Agricultura 1.0: Extrativismo e trabalho manual.

Agricultura 2.0: Plantio, preparo do solo, insumos/adubos, irrigação e uso da tração animal.

Agricultura 3.0: Mecanização, seleção de sementes e produção em larga escala.

Agricultura 4.0: Melhoramento genético, gestão com automação e dados (clima, insumos, recursos naturais), preocupação com a produtividade e a sustentabilidade (alimentos saudáveis), coleta de dados e primeiras iniciativas da Agricultura de Precisão (AP).

Agricultura 5.0: Uso intensivo da Tecnologia da Informação, com as quais há uso intensivo de dados (agricultura movida a dados, ou *data-driven*; dados de solo, clima, sementes, fertilizantes, agroquímicos e de produtividade); adoção de tecnologias digitais emergentes (como drones, robôs agrícolas inteligentes, processamento avançado de imagens, análise de solo/clima com dados em tempo real), sistemas baseados em Inteligência Artificial e sistemas preditivos. (Massruhá et al., 2017, 2020; Grego et al., 2020).

Atualmente, temos uma convergência para uma Agricultura Digital, na qual não se pode mais separar a produção agrícola do uso intensivo de tecnologias e dados digitais, que permitem ir dos dados à tomada de decisão, automatizar, otimizar, produzir mais,

com menor custo, com melhor qualidade, com mais eficiência no uso de recursos naturais e insumos e, inclusive, com maior resiliência às variações climáticas.

Esse é o futuro, e o avanço no agronegócio certamente estará vinculado à Agricultura Digital. É importante destacar que ela engloba não apenas as atividades dentro da porteira, como a produção animal e vegetal, mas também os demais processos da cadeia de suprimentos, antes e depois da produção no campo: processamento, transporte, armazenamento e distribuição ao consumidor final.

Embora este tenha sido um processo contínuo de evolução, pode-se dizer que há um ponto de inflexão nessa curva. A partir dos anos 1990, a Agricultura de Precisão (AP) experimentou um notável desenvolvimento impulsionado pela tecnologia digital já existente. Esse período representou um marco na transição para a Agricultura Digital, uma vez que a AP demandava a utilização intensiva de sistemas de coleta de dados em campo, sistemas de controle em máquinas para aplicação variável de insumos e sistemas de informação para lidar com uma enorme quantidade de dados em escalas espaciais e temporais. A AP impulsionou a digitalização da agricultura ao criar um mercado significativo e aproveitar a maturidade da tecnologia, previamente aplicada em outros setores, agora acessível a um custo mais baixo para adoção no campo.

Este cenário desencadeou um crescimento expressivo no desenvolvimento de equipamentos e sistemas para a coleta automatizada de dados, controle automático e gestão de informações para o auxílio à tomada de decisões, seguindo padrões observados em outros setores e indústrias. Mais recentemente, observou-se também a proliferação de aplicativos para plataformas móveis, como smartphones e tablets, destinados a diversas atividades no agronegócio.

De acordo com o relatório de Dias et al. (2023), o Brasil abrigava 1.125 startups voltadas para o agronegócio, das quais 47% focavam em tecnologias para a pós-produção agropecuária, 35% estavam voltadas para apoiar atividades em empresas agrícolas e 18% se concentravam em atividades "antes da porteira". Todas essas iniciativas demandam e fazem uso intensivo de dados e tecnologias de informação.

No entanto, a geração, coleta, processamento e extração de conhecimento a partir dos dados estão diretamente condicionados a fatores como a acessibilidade e qualidade desses dados. Especialmente nas cadeias agrícolas existem lacunas importantes em termos de padronização dos dados (essencial para a interoperabilidade de máquinas e soluções diversas usadas pelos atores da cadeia), acessibilidade, regulamentação, privacidade e métodos de avaliação da qualidade dos dados. Esses pontos serão abordados em maior detalhe nos próximos capítulos deste livro. Na seção subsequente, exploraremos, de maneira

concisa, algumas das principais tecnologias relacionadas à digitalização na agricultura, destacando exemplos e referências significativas de trabalhos científicos nessa área.

Tecnologias digitais para a agricultura

Existem diferentes tecnologias digitais, que convergem para a Agricultura Digital, integrando automação, robotização, sensores embarcados em implementos/robôs/drones, sensores posicionados no terreno, sensores remotos (imageamento por satélite) e aquisição/processamento/análise e integração de dados (locais e remotos). Os dados são o elemento essencial para que se possa tomar decisões, otimizar processos e fazer previsões.

Entretanto, apenas os dados brutos não têm valor em si, pois precisam ser tratados, contextualizados, transformados, integrados e processados a fim de se lhes agregar valor. O conhecido modelo DIKW, do inglês *Data, Information, Knowledge, Wisdom* (Figura 1.2), ilustra bem esta questão referente a agregar valor aos dados. Seus componentes são (Wiki/DIKW Pyramid, 2023):

Data (Dado): os dados são apenas números e valores gerados pelos sensores, processos e atividades.

Information (Informação): a informação permite contextualizar o dado, associando o valor com seu significado e contexto. Por exemplo, dados de localização de GPS, dados locais/temporais de clima com temperatura e umidade, dados de sensores e imagens geolocalizadas e contextualizadas no tempo.

Knowledge (Conhecimento): estabelece relações, correlações entre dados e permite uma melhor tomada de decisão e análise das informações.

Wisdom (Inteligência/Sabedoria): melhor entendimento de relações de causa e efeito e maior qualidade de estimativas e previsões.

O modelo DIKW destaca o “valor” dos dados quando tratados como informações, conhecimento e inteligência, que permitem assim agregar mais valor aos negócios. Isso nos leva a questões sensíveis, como por exemplo: a propriedade dos dados, privacidade, transparência, interoperabilidade (uso e troca de dados entre plataformas) e compartilhamento dos dados.

Quanto mais dados estiverem disponíveis, mais detalhados e confiáveis serão. De forma análoga, quanto melhores os conhecimentos e modelos disponíveis que integram estes dados, melhor poderão ser utilizados na tomada de decisões e na realização de estimativas e previsões futuras. Boas decisões e boas previsões são essenciais para otimizar a produção, além de apresentar um grande impacto econômico: dados valem muito, se soubermos como usá-los.

A seguir, apresentamos alguns exemplos de dados, tecnologias e seus respectivos impactos na agricultura.

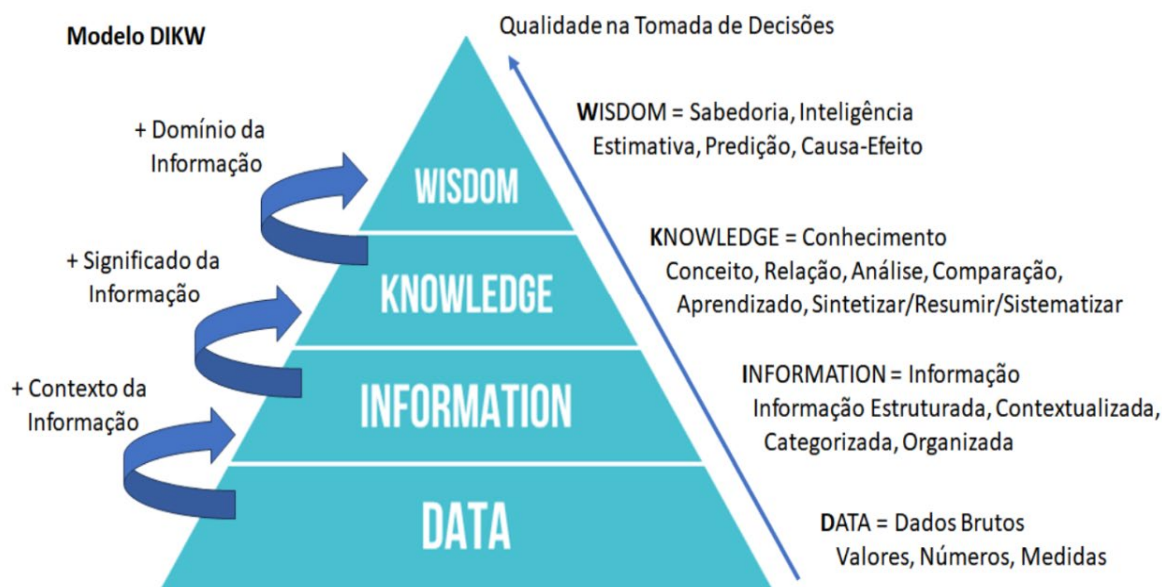


Figura 1.2. Modelo DIKW (Dado, Informação, Conhecimento e Inteligência, do inglês: Data, Information, Knowledge and Wisdom).

Informações climáticas

As informações climáticas são estratégicas, pois o clima tem grande impacto sobre as culturas agrícolas. Porém, a previsão climática pode ter ainda mais valor, pois permite que importantes decisões sejam tomadas. Por exemplo, decisões sobre irrigar ou não, quanto e quando fazê-lo, seu impacto sobre a aplicação de insumos (semeadura, defensivos, fertilizantes), dentre outros. A tomada de decisões será impactada pela qualidade da informação e conhecimentos disponíveis no momento, mas também sobre nossa capacidade de previsão e estimativas futuras, resultando em uma inteligência estratégica.

Tradicionalmente, informações climáticas são coletadas localmente por meio de estações meteorológicas ou sensores individuais em dispositivos IoT. No entanto, apesar de o clima apresentar um impacto local, os modelos de previsão devem também considerar informações globais, pois o clima sofre a influência de fatores externos mais amplos e não apenas locais.

Dados climáticos locais detalhados, dados históricos e dados integrados, reunidos em grandes bases de dados, ajudam a criar modelos climáticos mais precisos

e confiáveis. E, quando falamos em dados climáticos, temos que considerar não somente temperatura, umidade do ar e precipitação, mas também ventos, radiação solar, tipo de terreno, tipo de solo, modelos de radiação (radiação solar com absorção e reflexão), imagens de satélites e tantos outros parâmetros. Quem é o “dono” dos dados (dados locais, globais, integrados)? E quem é capaz de, na posse desses dados, gerar e disponibilizar previsões confiáveis, específicas e localizadas do clima?

Estamos falando aqui de redes de sensores (locais, estáticos e móveis) conectados para a coleta e distribuição de dados e de modelos de previsão climática acessíveis ao produtor. É a Agricultura Digital que se beneficia de tecnologias, de dados e de modelos climáticos, para assim otimizar a produção, reduzir o consumo de recursos naturais e insumos, aumentar a produção e aumentar os lucros.

Informações de solo

As informações de solo são estratégicas na produção agrícola, sejam estas informações sobre o tipo de solo (constituição, gênese, componentes, nutrientes) ou sobre o seu estado (umidade, microbiota). Estas informações podem ser coletadas por robôs inteligentes ou mesmo por implementos agrícolas inteligentes que coletam dados ao mesmo tempo em que realizam outras funções. Destacamos aqui que tais informações podem ajudar a estimar a produtividade das culturas e a precificar o valor do terreno. Também podem indicar a necessidade de uma melhor reposição de nutrientes ou de irrigação.

As tecnologias de aquisição de dados são fundamentais para a análise de informações do solo, e aqui novamente temos questões sobre a propriedade destes dados (produtor rural, fabricante do implemento agrícola, terceiros?), e sobre o valor que estes dados podem ter para diferentes atores da cadeia.

Informações de produtividade

As informações sobre produtividade e produção das culturas, tanto as medidas como sua previsão, têm um grande valor agregado. A estimativa de produção pode indicar a efetividade dos processos de produção (escolha de sementes, insumos, irrigação, tipo de solo e considerações sobre o clima), que são concretizados na colheita. Estes dados da previsão de produção têm impactos inclusive junto à bolsa de valores e mercado futuros,

influenciando nos preços e cotações de *commodities* agrícolas². Portanto, os dados de previsão e estimativa podem impactar de modo significativo no mercado agrícola, com indicadores que apontam para altas ou quebras de produção.

As tecnologias de automação permitem a aquisição automatizada de dados sobre a produção: com imagens capturadas por veículos agrícolas inteligentes podemos contar os frutos ainda em desenvolvimento junto à plantação; com imagens de drones podemos fazer a contagem de árvores, mudas e plantas considerando seu estado de desenvolvimento (e identificando até mesmo problemas relacionados à presença de pragas, à irrigação e à adubação); com drones ou com veículos terrestres capturando imagens e dados de sensores do tipo LIDAR (laser), podemos estimar a biomassa em plantações e florestas, como, por exemplo, em cana-de-açúcar e eucalipto. Os monitores de colheita na Agricultura de Precisão, disponíveis principalmente para grãos e cana-de-açúcar, foram possivelmente o principal motor da AP pois permitem verificar a variabilidade espacial da produção dentro dos talhões. Sensores instalados nas colhedoras conseguem medir a massa ou o volume colhido à medida que a máquina faz a colheita e se desloca no campo, permitindo obter um mapa da produtividade; equipamentos como as colhedoras podem mensurar em tempo real a quantidade produzida e colhida. Essa informação também possui um alto valor agregado, pois é um indicativo de produtividade em cada local de um determinado terreno ou talhão e do manejo agrícola realizado. A integração de dados da Agricultura Digital permite a melhoria da produção, aumento da produtividade, otimização dos custos, diminuição de impactos ambientais, inclusive tendo impactos sobre preços e até mesmo sobre a logística de transporte, distribuição e comercialização de produtos.

E quando falamos de dados, sempre é importante pensar na propriedade e compartilhamento dos dados: eles pertencem ao produtor, ou quem sabe, um fabricante de implementos agrícolas também pode ter acesso e obter informações e dados de seus clientes?

Assim como atualmente ferramentas como os mecanismos de busca ou as redes sociais coletam nossas informações, será que estamos prontos para compartilhar informações específicas (e estratégicas) de produção agrícola, e assim abrir os “segredos” da produção/produtividade?

Por um lado, o compartilhamento de informações pode ser interessante para um produtor individualmente, pois é importante que ele possa ter acesso aos dados coletados

² As *commodities* agrícolas podem ser definidas como os produtos oriundos de produções vegetal ou animal, padronizados e negociados com preços definidos pelo mercado com base em oferta e demanda.

pelos diversos equipamentos que possua na propriedade, podendo assim “integrar” informações vindas de diferentes equipamentos e fabricantes (interoperabilidade de dados entre plataformas).

Por outro lado, grupos de produtores, de forma colaborativa, também podem ser beneficiados pelo compartilhamento de dados, informações, conhecimentos e mesmo planejamento de estratégias de produção. Isso nos traz de volta às questões sobre: coleta de dados, propriedade, privacidade, transparência e troca de informações.

Internet das coisas

O uso de tecnologias de Internet das Coisas tem crescido muito na agricultura moderna. IoT pode ser definida, de forma resumida, como o uso de tecnologias que permitem obter informações do ambiente e transferi-las utilizando a Internet, permitindo melhorar a tomada de decisões nos ambientes rurais. As soluções utilizando IoT englobam sensores de diferentes tipos, redes de sensores sem fio (ou WSN, do inglês *Wireless Sensor Networks*), software utilizado para coletar, processar e extrair conhecimento dos dados, e o hardware necessário (seja este in loco ou na nuvem).

É importante notar que as tecnologias de transmissão de dados e os protocolos de comunicação desempenham um papel vital na IoT, permitindo a conexão e comunicação eficiente entre dispositivos, sensores e atuadores. Diversas tecnologias e protocolos são utilizados na IoT, cada um apresentando características, vantagens e limitações próprias. A seguir, discutiremos as principais tecnologias de transmissão de dados e protocolos de comunicação utilizados na IoT. Um ponto importante a ser ressaltado é que a maturidade do uso destas tecnologias pode variar dependendo da região, do setor e do agente específico. A escolha das tecnologias de transmissão de dados e dos protocolos de comunicação a serem utilizados em cada caso específico devem ser analisados considerando-se aspectos como interoperabilidade, escalabilidade, segurança, privacidade e outros fatores relevantes.

Atualmente, existem seis principais tecnologias de transmissão de dados: Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRaWAN, NB-IoT e LTE-M. O Wi-Fi opera em frequências entre 2,4 e 5 GHz e é amplamente utilizado em diferentes contextos. Este apresenta alta velocidade de transmissão de dados e ampla cobertura, permitindo a conectividade rápida entre dispositivos IoT e a infraestrutura de rede. É bastante utilizado em ambientes internos e com fonte de energia disponível. Suas principais limitações são: curto alcance e alto consumo energético.

O Bluetooth também é uma tecnologia de transmissão de curto alcance, porém é mais adequada para dispositivos com menor consumo de energia. Este opera na faixa de frequência de 2,4 GHz. O Bluetooth é utilizado principalmente para conectar dispositivos pessoais e dispositivos IoT. Porém, sua velocidade de transmissão de dados e sua cobertura são menores que as do Wi-Fi.

O Zigbee, por outro lado, é um protocolo desenvolvido especificamente para tecnologias IoT. Ele trabalha nas faixas de frequência de 915 MHz ou 2,4 GHz, dependendo da região, e possui ampla cobertura. Desta forma, ele permite a comunicação entre uma grande quantidade de dispositivos dentro de uma rede de malha. Sua principal vantagem é o baixo consumo de energia, preservando as baterias dos dispositivos envolvidos. No entanto, suas duas grandes limitações são a baixa velocidade de transferência de dados e potenciais problemas de interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes.

O LoRaWAN (do inglês *Long Range Wide Area Network*) também é uma tecnologia de baixa potência e reduzida velocidade, desenvolvida especialmente para comunicação de longo alcance em áreas com carência de alternativas para transmissão de dados. Um dos principais casos de uso desta tecnologia é o monitoramento de processos em áreas rurais, englobando monitoramento de talhões e rastreamento de animais. Suas principais vantagens são o grande alcance (possibilitando a comunicação em vários quilômetros) e seu baixo consumo de energia. Suas principais desvantagens são: a taxa de transferência de dados bastante reduzida, os altos custos de implantação e a alta latência na transmissão de dados.

Por fim, as tecnologias NB-IoT (*NarrowBand Internet of Things*) e LTE-M (*Long-Term Evolution for Machines*) são tecnologias de comunicação celular de baixa potência projetadas especificamente para soluções IoT. Estas utilizam redes de telefonia móvel existentes para realizar a transmissão dos dados, permitindo bom alcance, baixo consumo de energia e escalabilidade. Suas principais limitações são: alto custo de implantação e necessidade de cobertura de rede celular no local de uso, impossibilitando o seu uso em diversas áreas agrícolas.

Com relação aos protocolos de comunicação, é importante citar três protocolos bastante utilizados: MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), CoAP (*Constrained Application Protocol*) e AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*). No que diz respeito à maturidade da adoção destes protocolos, o MQTT e o AMQP são amplamente adotados e apresentam uma base estabelecida de implementações

e suporte da comunidade. O CoAP encontra-se em desenvolvimento e ganhando popularidade, mas ainda está em um estágio de adoção mais inicial.

Farooq et al. (2020) exploram em profundidade as aplicações de IoT, descrevendo algumas das principais tecnologias utilizadas atualmente. Segundo esses autores, a maior parte das soluções atuais é utilizada no monitoramento de processos de produção no campo, com foco em agricultura de precisão, monitoramento e controle de irrigação e monitoramento do solo. Outros usos de destaque de IoT nas cadeias agrícolas são: monitoramento e rastreamento de produtos e monitoramento e controle de ambientes, como estufas, armazéns e centros de distribuição.

Entre os principais benefícios do uso de IoT na agricultura, podem-se citar: compartilhamento de informações e tecnologias entre produtores de uma dada região; controle de qualidade e prevenção de fraudes; vantagens competitivas em relação a produtores que não utilizam estas tecnologias; reduções em uso de insumos e geração de resíduos; melhores informações para tomada de decisões em tempo real; reduções de custos na realização de operações; melhor monitoramento dos talhões e animais; eficiência operacional; redução de perdas de produtos; e melhor gestão dos ativos e equipamentos (Elijah et al., 2018).

No que diz respeito aos principais desafios no uso destas tecnologias na agricultura, podem-se destacar: custos de implantação e desenvolvimento; necessidade de mudanças nos processos de produção atuais; necessidade de investimentos em infraestrutura; necessidade de estruturação de novos modelos de negócios; falta de conhecimento sobre as tecnologias e seu uso; falta de interoperabilidade entre soluções IoT; problemas na transmissão dos dados; segurança e privacidade dos dados gerados; qualidade dos dados gerados; confiabilidade das tecnologias implementadas; escalabilidade; otimização no uso dos recursos; e falta de regulamentação (Elijah et al., 2018).

Embora as topologias desses sistemas possam variar, pode-se citar um exemplo de um sistema com quatro etapas que pode ser utilizado em uma solução utilizando IoT em um ambiente agrícola, e que poderia ser utilizado em uma estufa, em plantio convencional ou em produção animal (Elijah et al., 2018).

A primeira etapa do sistema é a coleta de dados, em que diversos sensores no solo, no ar e na planta irão coletar e monitorar variáveis relevantes como temperaturas, umidade e fluxos. Na segunda etapa, estes dados são transferidos a um conjunto central de sensores ou hardware, utilizando diferentes protocolos de comunicação como o LoRa (do inglês *Long Range*). Estes dados são então enviados a um servidor

central ou nuvem, sendo a última a opção mais utilizada. Na terceira etapa, os dados são processados e a informação relevante é extraída. As transformações realizadas e os modelos a serem utilizados na extração do conhecimento dependerão do contexto, do problema em questão e dos dados coletados.

É importante citar que os dados utilizados não precisam ser estruturados ou tabulares, sendo possível utilizar também imagens, vídeos e sons caso necessário. Por fim, na última etapa, o usuário utiliza um aplicativo ou software para visualizar os resultados e realizar o controle do ambiente, caso o contexto permita a realização de ações.

No entanto, é vital observar que estas tecnologias também são utilizadas ao longo de toda a cadeia de valor, visando monitorar e controlar ambientes e garantir a qualidade dos produtos e processos. Um exemplo interessante de uso de IoT na logística de produtos perecíveis é o caso do chamado contêiner inteligente, proposto por Dittmer et al. (2012) e Haass et al. (2015). Este pode ser descrito como a adaptação de um contêiner refrigerado para permitir o uso de tecnologias de IoT e seu monitoramento em tempo real, focando no transporte de frutas, flores, e produtos congelados como carnes.

Dittmer et al. (2012) e Haass et al. (2015) realizaram diversos testes do contêiner inteligente com diferentes produtos. Eles observaram que o seu uso permite um melhor monitoramento dos produtos e auxilia na tomada de decisões. Isto permite, por exemplo, a previsão de potenciais impactos na qualidade do produto por atrasos no transporte, permitindo redirecionar o produto caso necessário. Três das principais vantagens do uso desta tecnologia são: 1) redução de perdas de produtos; 2) garantia da manutenção da cadeia do frio; e 3) auxílio à tomada de decisões no caso de ocorrência de acidentes ou atrasos no transporte.

Eletrônica embarcada em máquinas agrícolas

O uso de sistemas eletrônicos embarcados em máquinas agrícolas é um tópico pesquisado há muitas décadas e ganhou grande impulso a partir dos anos 1990 com a agricultura de precisão. Diversas tecnologias foram desenvolvidas e incorporadas em tratores e implementos agrícolas visando melhorar o seu controle, produtividade, qualidade de operações, precisão, controle remoto, dentre outros. A diversidade de soluções apresentadas pelos diferentes fabricantes de tratores, colhedoras e outras máquinas e implementos agrícolas passou a gerar um problema para os produtores

agrícolas, consumidores desses produtos, na medida em que essas soluções não eram compatíveis ou interoperáveis, impedindo que fossem interconectadas.

Visando corrigir esse problema, foi proposta uma padronização da comunicação nas máquinas agrícolas, com a proposição, no início dos anos 1990, da norma ISO 11783 (International Organization for Standardization, 2017). Cerca de uma década se passou para vencer a resistência da indústria e o padrão, rebatizado de ISOBUS como nome do mercado, passasse a ser francamente apoiado e adotado pelos grandes fabricantes, e tornar-se uma referência e mesmo um requisito.

O ISOBUS é o principal referencial na área agrícola quando se trata da utilização em máquinas. Esse padrão de comunicação desempenha um papel essencial na garantia da interoperabilidade entre máquinas e implementos (M2M). Ao adotar o ISOBUS, é possível que um produtor adquira uma máquina de um fabricante e um serviço ou implemento de outro, desde que ambos sigam as diretrizes do padrão.

Este padrão opera por meio de uma comunicação serial robusta, baseada no CANBus (Society of Automotive Engineers, 2023), rede de comunicação empregada em veículos não agrícolas, como automóveis e caminhões. Ele engloba todo o protocolo de comunicação, incluindo a estrutura dos dados físicos e lógicos, bem como a interface de usuário central presente nas máquinas, como o computador de bordo em tratores.

O ISOBUS também gerencia o controle das operações e os servidores de arquivos. Além disso, incorpora um vocabulário padronizado, o que possibilita que os dados coletados por meio do ISOBUS sejam interpretados de maneira uniforme por ferramentas produzidas por diferentes fabricantes.

A grande vantagem do ISOBUS reside na economia proporcionada, uma vez que sua adoção evita redundâncias nos equipamentos, possibilita a reutilização de máquinas e implementos e concede liberdade ao produtor para adquirir equipamentos de fornecedores diversos. Além disso, dado que as trocas de mensagens e os formatos de arquivo também seguem padrões, o ISOBUS tem encontrado aplicações na análise de dados.

Este padrão é reconhecido internacionalmente (ISO 11783) e foi ratificado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para uso no Brasil. É altamente recomendável que qualquer implemento ou máquina adquiridos estejam em conformidade com esse padrão.

Estas tecnologias têm permitido não apenas melhorar o controle e operação dessas máquinas, como também aumentar a produtividade e qualidade da

produção. Seu foco principal tem sido em máquinas dedicadas a grandes áreas e monoculturas. No entanto, diversas soluções vêm sendo exploradas para pequenos produtores, visando desenvolver equipamentos de menor custo que se adéquem às suas realidades e contextos.

Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto também é uma área de grande interesse da Agricultura Digital. Ela também é vital para melhorar a tomada de decisões nas fazendas e para realizar os processos relacionados à agricultura de precisão. O sensoriamento remoto pode ser definido, de forma resumida, como o uso de sensores distantes do fenômeno a ser analisado para obter informações relevantes para a tomada de decisões.

Normalmente, são utilizados dados provenientes de satélites como os das famílias Landsat e Sentinel. Duas grandes vantagens do uso de imagens de satélite para o estudo de áreas agrícolas são: 1) sua disponibilidade, sendo que grande parte das imagens é gratuita; e 2) o grande intervalo temporal englobado por estes satélites.

É importante notar que diversas dificuldades surgem no uso destas imagens, como: a necessidade do uso de ferramentas específicas para manipular, processar e extrair informações relevantes das imagens; a vasta gama de modelos e softwares que podem ser utilizados, demandando conhecimento específico da área de sensoriamento remoto; limitações relacionadas às variáveis coletadas; a baixa resolução das imagens geradas dependendo do satélite (tornando difícil o seu uso para pequenas áreas de produção), dentre outras (Shanmugapriya et al., 2019; Sishodia et al., 2020; Weiss et al., 2020). No entanto, o sensoriamento remoto é vital para o monitoramento de grandes áreas e para o auxílio na tomada de decisões. Muito importante é o fato de que a resolução espacial e temporal das imagens tem melhorado muitíssimo e hoje já se dispõe de redes de satélites artificiais privados com resolução espacial da ordem de dezenas de centímetros e que cobrem o globo terrestre todo diariamente, com mais de uma imagem diária de cada local (Planet, 2024).

Além do uso de satélites e imagens aéreas captadas por aviões, uma importante fonte de dados para o sensoriamento remoto moderno é o uso de drones. Os drones ou veículos aéreos não tripulados (ou UAV, do inglês *Unmanned Aerial Vehicle*) são considerados uma revolução na obtenção de imagens de alta resolução de ambientes

agrícolas em tempo real. Dentre os diversos usos de drones na agricultura, podem-se citar a obtenção de imagens de alta resolução das áreas de produção, obtenção de variáveis relevantes como temperatura e umidade, status das culturas e a aplicação de produtos (Mogili; Deepak, 2018; Budiharto et al., 2019).

Duas aplicações de grande interesse atualmente são: detecção automática de falhas de plantio e identificação automática de doenças e pragas. Ambas aplicações dependem diretamente do uso de modelos avançados de visão computacional (Mogili; Deepak, 2018; Budiharto et al., 2019).

Robôs agrícolas

Outra área de bastante interesse nas últimas décadas é o desenvolvimento de robôs agrícolas, sejam estes autônomos ou semi-autônomos (robôs operados no local ou remotamente, utilizados para tarefas complexas como poda de árvores e colheita de frutos).

Existe uma vasta gama de robôs em desenvolvimento e em fase de testes para diferentes culturas agrícolas, sendo utilizados principalmente nas seguintes atividades: automação de atividades de preparo do solo e colheita de commodities, obtenção de dados e imagens no nível do solo, realização de operações em estufas, plantio de sementes, remoção mecânica de plantas daninhas, aplicação de produtos, colheita de frutos, ordenha, tosquia, dentre outros.

A remoção de plantas daninhas é uma atividade intensiva em termos de mão de obra e de difícil realização em determinadas culturas. Por este motivo, diversos robôs vêm sendo desenvolvidos para realizar a identificação e remoção automática de plantas daninhas em diferentes etapas de desenvolvimento das culturas.

Existem atualmente exemplos para uso em estufas e em plantio tradicional, considerando tanto plantas de pequeno quanto de grande porte. Dentre as principais vantagens de seu uso, podem-se citar: economia de recursos, automação de uma tarefa de difícil realização e resultados comparáveis ao uso de mão de obra tradicional.

O trabalho de Oliveira et al. (2021) descreve, em profundidade, diversas operações e tipos de robôs utilizados atualmente, tanto em ambiente de pesquisa quanto comercialmente. Mahmud et al. (2020), por sua vez, descrevem algumas das principais áreas sendo pesquisadas no momento, ressaltando o impacto da robótica na agricultura.

Os modelos de inteligência artificial são essenciais para estas atividades, englobando diferentes modelos e algoritmos. Alguns dos principais usos de robótica na agricultura são: identificação e classificação de plantas daninhas, identificação de frutos, colheita de frutos, definição de rotas para realização de operações em solo, ordenha, dentre outros. (Wakchaure et al., 2023).

Gêmeos digitais agrícolas

Por fim, outro tema de grande interesse atualmente é o uso de gêmeos digitais (ou *digital twins* em inglês). Seu uso vem sendo explorado em diferentes domínios, sendo os principais a indústria manufatureira e os diferentes setores de produção de energia elétrica. Segundo Pylianidis et al. (2021), os *digital twins* podem ser definidos como versões digitais de sistemas físicos.

Estes podem representar sistemas biológicos (como exemplo, animais ou plantas) ou não (como exemplo, uma fazenda ou um talhão, uma máquina). Após o desenvolvimento de um digital twin, este pode ser utilizado para simular o impacto de diferentes condições, cenários e variáveis no sistema em questão. Também pode ser utilizado para auxiliar no monitoramento do sistema e para fomentar a tomada de decisões.

Atualmente, os *digital twins* são uma área de pesquisa com poucas aplicações comerciais na agricultura. No entanto, acredita-se que irão se tornar essenciais nos sistemas de monitoramento de fazendas e no rastreamento de alimentos ao longo de suas cadeias de suprimentos (Pylianidis et al, 2021; Nasirahmadi; Hensel, 2022; Purcell; Neubauer, 2023).

Conclusões

A Agricultura Digital resulta de um processo que se acelerou nas últimas décadas e é uma tendência global irreversível, na qual os dados, informações, conhecimentos e a inteligência estratégica são essenciais para a gestão e a tomada de decisão. As tecnologias de informação e comunicação utilizadas são muitas e variadas, de modo que é possível apresentar apenas alguns exemplos.

Há diversos desafios e oportunidades quando falamos em Agricultura Digital, seja em relação ao desenvolvimento da tecnologia em si, seja na sua aplicação e adaptação à agricultura em particular:

- A propriedade (posse) e a privacidade dos dados coletados. A necessidade de regulamentação, principalmente relacionada a quais atores possuem acesso e propriedade dos dados gerados pelas diferentes tecnologias. Qual o impacto da Lei Geral de Proteção de Dados, LGPD.
- O compartilhamento e transparência de informações, com dados abertos e interoperáveis, considerando princípios FAIR³. A disponibilidade de acesso aos dados para fins de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e modelos de extração do conhecimento.
- A necessidade de padronização dos dados no domínio agrícola, o que permitiria a comunicação entre sistemas, máquinas e sensores sem a necessidade de intermediários.
- A busca por uma melhor qualidade de informações, de modo a ter uma melhor amostragem (espacial e temporal), com menor imprecisão e erros/ruídos, e portanto com maior confiabilidade das informações disponíveis. Desenvolver métodos de análise automática da qualidade dos dados gerados, permitindo a identificação de potenciais problemas de coleta e processamento de dados e sua correção.
- A necessidade de redes de comunicação de dados que englobem as fazendas, melhorando a conectividade no campo.
- O desenvolvimento de modelos e de ferramentas, por exemplo, de Inteligência Artificial, que permitam integrar, analisar e extrair informações, assim como produzir previsões confiáveis e precisas.
- Garantir o uso adequado das informações, considerando aspectos sociais, morais e éticos.

Finalmente, a Agricultura Digital, na medida em que adiciona mais dados, informações e inteligência aos processos na agricultura, traz a oportunidade de uma produção mais sustentável, com mais qualidade e mais orientada ao bem da sociedade como um todo. Mesmo um desafio atual, como o das mudanças climáticas, poderá ser melhor abordado com o apoio da Agricultura Digital.

³ Os princípios FAIR englobam um conjunto de diretrizes que visam melhorar a qualidade, usabilidade e interoperabilidade de dados de diferentes tipos. Estes são: "Findable" (encontráveis), "Accessible" (acessíveis), "Interoperable" (interoperáveis) e "v" (reutilizáveis). O trabalho de Soares et al. (2022) descreve uma proposta para uso destes princípios nos dados de produção agrícola e vegetal no Brasil.

Referências

- BUDIHARTO, W.; CHOWANDA, A.; GUNAWAN, A. A. S.; IRWANSYAH, E.; SUROSO, J. S. A review and progress of research on autonomous drone in agriculture, delivering items and geographical information systems (GIS). In: WORLD SYMPOSIUM ON COMMUNICATION ENGINEERING (WSCE), 2., 2019, Nagoya. **Proceedings** [...]. Piscataway: IEEE, 2019. p. 205-209. DOI: <https://doi.org/10.1109/WSCE49000.2019.9041004>.
- DIAS, C. N.; JARDIM, F.; SAKUDA, L. O. (org.). **Radar AgTech Brasil 2023**: mapeamento das startups do setor agro brasileiro. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: www.radaragtech.com.br. Acesso em: 4 abr. 2024.
- DITTMER, P.; VEIGT, M.; SCHOLZ-REITER, B.; HEIDMANN, N.; PAUL, S. The intelligent container as a part of the internet of things. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER TECHNOLOGY IN AUTOMATION, CONTROL, AND INTELLIGENT SYSTEMS (CYBER), 2012, Bangkok. **Proceedings** [...]. Piscataway: IEEE, 2012. p. 209-214. DOI: <https://doi.org/10.1109/CYBER.2012.6392555>.
- ELIJAH, O.; RAHMAN, T. A.; ORIKUMHI, I.; LEOW, C. Y.; HINDIA, M. N. An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: benefits and challenges. **IEEE Internet of things Journal**, v. 5, n. 5, p.3758-3773, Oct. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>.
- FAROOQ, M. S.; RIAZ, S.; ABID, A.; UMER, T.; ZIKRIA, Y. B. Role of IoT technology in agriculture: a systematic literature review. **Electronics**, v. 9, n. 2, 319, Feb. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics9020319>.
- GREGO, C. R.; SPERANZA, E. A.; RODRIGUES, G. C.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; VENDRUSCULO, L. G.; RODRIGUES, C. A. G.; INAMASU, R. Y.; VAZ, C. M. P.; RABELLO, L. M.; JORGE, L. A. de C.; ZOLIN, C. A.; FRANCHINI, J. C.; RONQUIM, C. C. Tecnologias desenvolvidas em Agricultura de Precisão. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. (ed.). **Agricultura Digital**: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 7, p. 166-191. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126469>. Acesso em: 4 abr. 2024.
- HAASS, R.; DITTMER, P.; VEIGT, M.; LÜTJEN, M. Reducing food losses and carbon emission by using autonomous control - a simulation study of the intelligent container. **International Journal of Production Economics**, v. 164, p. 400-408, June 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.013>.
- INDÚSTRIA 4.0: arcabouço normativo para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2021. (Série Documentos Técnicos, 29). Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivo-camara-industria/iniciativas/ci_nt_arcabouco-normativo.pdf. Acesso em: 4 abr. 2024.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 11783-1:2017 - Tractors and machinery for agriculture and forestry**: serial control and communications data network: part 1: General standard for mobile data communications. Switzerland: ISO, 2017.

KRISHNAN, N. **Cultivating Ag Tech: 5 trends shaping the future of agriculture**. 2017. Disponível em: <https://www.cbinsights.com/research/agtech-startup-investor-funding-trends>. Acesso em: 4 abr. 2024.

MAHMUD, M. S. A.; ABIDIN, M. S. Z.; EMMANUEL, A. A.; HASAN, H. S. Robotics and automation in agriculture: present and future applications. **Applications of Modelling and Simulation**, v. 4, p.130-140, 2020.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; EVANGELISTA, S. R. M. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. (ed.). **Agricultura Digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 1, p. 20-45. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126214>. Acesso em: 4 abr. 2024.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A. AGRO 4.0 – rumo à Agricultura Digital. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, W. T. L. da; VALE, J. M. F. do; PURINI, S. R. de M.; MAGNONI, M. da G. M.; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, E. F.; FIGUEIREDO, W. dos S.; SEBASTIÃO, I. (org.). **JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil**. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. p. 28-35. il. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1073150>. Acesso em: 4 abr. 2024.

MOGILI, U. R.; DEEPAK, B. B. V. L. Review on application of drone systems in precision agriculture. **Procedia Computer Science**, v. 133, p. 502-509, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>.

NASIRAHMADI, A.; HENSEL, O. Toward the next generation of digitalization in agriculture based on digital twin paradigm. **Sensors**, v. 22, n. 2, 498, Jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22020498>.

OLIVEIRA, L. F. P.; MOREIRA, A. P.; SILVA, M. F. Advances in agriculture robotics: a state-of-the-art review and challenges ahead. **Robotics**, v. 10, n. 2, 52, June 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/robotics10020052>.

PLANET. **High-resolution imagery with planet satellite tasking**. Disponível em: <https://www.planet.com/products/hi-res-monitoring/>. Acesso em: 26 jan. 2024.

PURCELL, W.; NEUBAUER, T. Digital twins in agriculture: a state-of-the-art review. **Smart Agricultural Technology**, v. 3, 100094, Feb. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100094>.

PYLIANIDIS, C.; OSINGA, S.; ATHANASIADIS, I. N. Introducing digital twins to agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 185, 105942, May 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105942>.

RAMESHWAR, J. Industry 4.0: a transformation tool to create a better and sustainable future for the Caribbean. **CESaRE Impacts Magazine**, n. 2, p. 5-9, Sept. 2020.

SHANMUGAPRIYA, P.; RATHIKA, S.; RAMESH, T.; JANAKI, P. Applications of remote sensing in agriculture - a review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, n. 1, p. 2270-2283, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.238>.

SISHODIA, R. P.; RAY, R. L.; SINGH, S. K. Applications of remote sensing in precision agriculture: a review. **Remote Sensing**, v. 12, n. 19, 3136, Oct. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12193136>.

SOARES, F. M.; CORREA, F. E.; PIRES, L. F.; SANTOS, L. O. B. da S.; DRUCKER, D. P.; BRAGHETTO, K. L.; MOREIRA, D. de A.; DELBEM, A. C. B.; SILVA, R. F. da; LOPES, C. O. da S.; SARAIVA, A. M. Building a community-based FAIR metadata schema for Brazilian agriculture and livestock trading data. **CEUR Workshop Proceedings**, v. 3235, 2022. 6 p. Edition of the 18th International Conference on Semantic Systems, Vienna, Austria. SEMANTiCS 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1147744>. Acesso em: 4 abr. 2024.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. Serial control and communications heavy-duty vehicle network - top-level document. 2023. Disponível em: https://www.sae.org/standards/content/j1939_202306/. Acesso em: 20 jun. 2024.

WAKCHAURE, M.; PATLE, B. K.; MAHINDRAKAR, A. K. Application of AI techniques and robotics in agriculture: a review. **Artificial Intelligence in the Life Sciences**, v. 3, 100057, Dec. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ailsci.2023.100057>.

WEISS, M.; JACOB, F.; DUVEILLER, G. Remote sensing for agricultural applications: a meta-review. **Remote Sensing of Environment**, v. 236, 111402, Jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111402>.

WIKI/DIKW PYRAMID. In: WIKIPEDIA: the free encyclopedia. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki/DIKW_pyramid. Acesso em: 20 ago. 2023.

INDÚSTRIA 4.0. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Indústria_4.0. Acesso em: 20 ago. 2023.

capítulo

2 Agrodados e regulação

Cássia Isabel Costa Mendes
Juliano de Souza de Albuquerque Maranhão
Cristina Godoy Bernardo de Oliveira

Introdução

A digitalização da economia está impulsionando o aumento exponencial da capacidade de coletar, analisar, tratar e transferir dados. Essa transformação está impactando também o setor agrícola, onde os agrodados são agrupados para gerar informações relevantes que subsidiam processos decisórios nas etapas de pré-produção, produção e pós-produção (Mendes et al., 2023b).

Contudo, a proliferação de inovações digitais no campo também traz questionamentos sobre a regulação jurídica e ética da coleta, tratamento e monetização de agrodados. Esses questionamentos envolvem os principais agentes da cadeia produtiva, incluindo agricultores, fornecedores de tecnologias/produtos agrícolas, provedores de plataformas digitais para o agronegócio, instituições de pesquisa e de ensino, governos, financiadoras de crédito e seguro agrícola. Em virtude disso, redes globais de pesquisadores têm se dedicado ao estudo sobre o avanço da transformação digital na agricultura e as implicações jurídicas do tratamento de dados agrícolas.

Uma das redes é o Grupo de Interesse em Dados Agrícolas da Research Data Alliance (RDA), sendo que a RDA foi criada em 2013 pela Comissão Europeia, pela Fundação Nacional de Ciência e pelo Instituto Nacional de Normas e Tecnologia do Governo dos Estados Unidos e pelo Departamento de Inovação do Governo Australiano com o escopo de construir a infra-estrutura social e técnica que permita o compartilhamento e a reutilização de dados. Um dos objetivos da RDA é fomentar o compartilhamento, a equidade e a inclusão nas infraestruturas de dados agrícolas em instituições de ensino e pesquisa agropecuárias ao redor do mundo (Bertin et al., 2023).

Um dos estudos que tem como foco o Brasil é o da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e relata seus esforços para apoiar a tomada de decisão baseada em dados agrícolas. Bertin et al. (2023) analisaram os resultados e mostraram como a Embrapa implementou serviços de dados por meio de Interfaces de Programação de Aplicações (APIs) que fornecem, a vários agentes do setor produtivo agropecuário daquele país, os dados agrícolas em tempo real sobre clima, produtividade e plantio de diferentes culturas agroalimentares.

Para além dos estudos sobre compartilhamento de agrodados em redes de pesquisa mundial, aspectos concernentes à regulação também estão contemplados em suas linhas de pesquisa. A falta de legislação para normatizar a propriedade de

agrodados dos agricultores é um dos desafios apontados no estudo de Zampati (2023). Neste contexto, Zampati (2023) estudou alguns sistemas de governança que podem servir de autorregulação setorial para apoiar uma divisão justa de benefícios advindos do uso e monetização dos dados agrícolas. Um desses sistemas é a adoção de códigos de conduta para compartilhamento de dados celebrados entre federações de agricultores e fornecedores de tecnologias agrícolas (FTA), como meios para melhorar a transparência e a celebração de contratos de licenciamento de dados agrícolas mais equitativos. Os códigos são apresentados na penúltima seção deste capítulo.

Tendo em vista essa realidade, no âmbito da Agricultura Digital intensiva, no uso de uma variedade de dados acumulados por diversos agentes do setor produtivo agrícola, discorreremos no capítulo, de forma não exaustiva, sobre 1) a tipologia de agrodados, 2) os problemas jurídicos decorrentes da coleta, tratamento e processamento desses dados e 3) as iniciativas de adoção de regulação estatal e de autorregulamentação setorial para compartilhar dados agrícolas em uma análise de direito comparado de países selecionados (Estados Unidos, União Europeia e Brasil).

Justifica-se a escolha desses países, pois os modelos americano e europeu sobre autorregulação setorial de agrodados são alguns dos precursores na matéria, tendo o Brasil se inspirado neles para a elaboração do Projeto de Lei (PL) nº 4123/2020 (Brasil, 2020a) sobre a temática, os quais (modelos e PL) são analisados adiante.

Agricultura digital e agrodados: tipologia e implicações jurídicas

A Agricultura Digital tem como base o tratamento de elevada quantidade de dados agrícolas (ou agrodados). Os agrodados são os conjuntos de dados relacionados à produção agrícola e aos processos agropecuários, abrangendo os da propriedade rural, os agronômicos, os de animais, os de implementos agrícolas e os de insumos (EU Code [...], 2018). O agrodado é definido como sendo “qualquer dado proveniente do registro das atividades agropecuárias coletado, armazenado e processado por pessoas, máquinas e utensílios de qualquer natureza” (Brasil, 2020a, p.1). A Tabela 2.1 apresenta a tipologia de agrodados.

Tabela 2.1. Tipologia de agrodados: dados de estabelecimento agrícola, cultivo vegetal, manejo animal, equipamentos, insumos e tecnologias.

Subtipo	Descrição
Dados do estabelecimento agropecuário	
Dados da propriedade agrícola	Relacionados às operações e gerenciamento da propriedade rural, dimensão territorial da propriedade rural. Direitos de usar, fruir e dispor da propriedade. Titularidade da propriedade.
Dados sobre a terra	Dados de fertilidade do solo (teste de solo, gestão de nutrientes, gestão de resíduos). Gerenciamento de água Dados ambientais (bacia hidrográfica, dados topológicos, irrigação, drenagem).
Dados de gestão da propriedade agrícola	Dados financeiros, empréstimos, crédito rural, seguro rural. Dados de recursos humanos (mão de obra). Dados da cadeia de suprimentos (dados de clientes, de fornecedores de tecnologias agrícolas e de parcerias). Dados de transporte e armazenamento. Dados de preços de commodities agrícolas.
Dados de produção vegetal e animal	
Dados Agronômicos	Relacionados à produção de plantas, planejamento da produção, tipos de produtos de lavouras temporárias e permanentes. Dados de sementes de culturas. Dados genéticos. Dados de plantio (recomendação, prescrição). Rendimento e qualidade da produção. Dados de manejo de doenças e pragas. Dados de nutrição de culturas (uso de fertilizantes biológicos, fertilizantes de proteção de culturas). Tratamento de fertilidade. Dados de polinizadores.
Dados pecuários	Dados do rebanho, bem-estar animal e saúde animal e tratamentos. Produção, reprodução e longevidade animal. Dados genéticos do animal. Dados de gerenciamento de animais. Dados de consumo de ração e ruminância e peso dos animais. Ramo de atuação pecuarista.
Dados de equipamentos e insumos e tecnologias	
Dados de máquinas agrícolas	Dados de controladores de sistemas de sensores de máquinas agrícolas, sistemas criptografados para evitar reengenharia reversa. Manutenção de máquinas. Dados de uso de combustível. Dados de referência das máquinas (trator, pulverizador, adubador, semeadora, colhedora).

Continua...

Tabela 2.1. *Continuação.*

Subtipo	Descrição
Dados de Insumos agrícolas	Dados sobre composição de fertilizantes (calcário, gesso, macro e micronutrientes), rações, produtos fitofarmacêuticos, sementes, corretivos e água, herbicidas, inseticidas, fungicidas e outros, como bactericidas, nematicidas e acaricidas.
Dados agrometeorológicos e de tecnologias	
Dados de clima e meteorologia	Dados de máquinas agrícolas. Dados de estações meteorológicas. Dados de sensores. Dados de temperatura máxima e mínima. Dados históricos de clima e umidade. Estiagem agrícola. Precipitação acumulada. Tratamento fitossanitário, necessidade de irrigação, condições de manejo do solo.
Dados de provedor de serviços agrícolas	Banco de dados de agricultores e de fornecedores de produtos e serviços agrícolas
Dados de acesso à internet	Qualidade da rede de internet disponível na propriedade rural, conectividade e hábitos de consumos de ferramentas de acesso.
Dados de GIS ¹ e GPS ² .	Dados de sistema de coleta de sensores; dados de imagens de satélite geradas por sensores. Dados de drones. Dados de sensoriamento remoto e dados de radar e espectrais.

⁽¹⁾ Sistemas de Informação Geoespacial (GIS).⁽²⁾ Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Fonte: Adaptado de EU Code [...] (2018), Ag Data Transparent (2023) e Mendes et al. (2023b).

Os dados agrícolas individuais de uma determinada propriedade rural não fornecem conhecimento por si só. Entretanto, quando esses dados são agrupados com os de outras fazendas ou de toda uma cadeia produtiva agrícola formando uma grande massa de dados, as análises, as correlações, as estatísticas e as decisões geradas a partir deles podem trazer benefícios para vários agentes econômicos do setor produtivo agrícola, tais como: incremento de produtividade, aumento de lucro,

otimização de processos produtivos agropecuários e garantia de qualidade (Anidu; Dara, 2021).

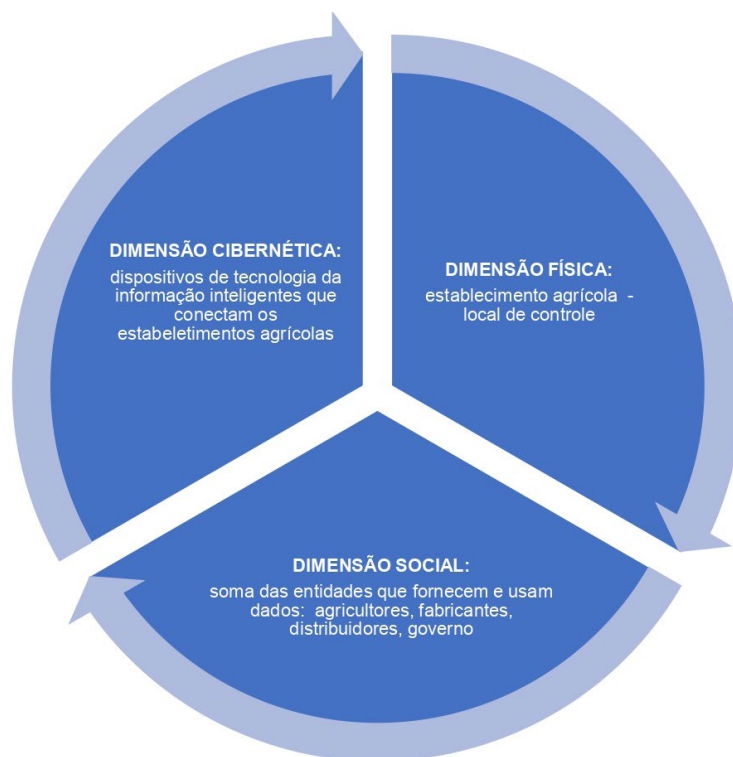


Figura 2.1. Agricultura Digital tridimensional: sistema cibernético-físico-social.
Fonte: Adaptado de Lioutas et al. (2019).

A coleta massiva de agrodados é uma das principais atividades da Agricultura Digital tridimensional caracterizada como sendo um sistema cibernético-físico-social representada na Figura 2.1 (Lioutas et al., 2019).

No que tange às dimensões que permeiam a Agricultura Digital tridimensional, a *cibernética* refere-se aos dispositivos inteligentes, a *física* ao local de controle dos estabelecimentos agrícolas e a *dimensão social* diz respeito aos seres humanos que desenvolvem diferentes atividades. Segundo Lioutas et al. (2019), a dimensão social representa a soma dos agentes – pessoas físicas e representantes de pessoas jurídicas – que fornecem e utilizam os agrodados, quais sejam: 1) agentes da cadeia de fornecimento de produtos agroalimentares: agricultores, atacadistas, distribuidores e consumidores; 2) agentes intermediários: envolvidos nos fluxos de bens e serviços, tais como os diretamente envolvidos em organizações governamentais de políticas públicas, instituições de pesquisa e de ensino, bancos e financiadoras.

No âmbito da Agricultura Digital, caracterizada como um sistema cibernético-físico-social, surgem implicações éticas, técnicas, jurídicas e sociais concernentes ao uso e compartilhamento de agrodados pelos diferentes agentes econômicos nos

elos da cadeia produtiva. Ao mesmo tempo em que a geração e o compartilhamento de agrodados está presente na rotina diária do agricultor, há um descompasso entre o avanço da digitalização no campo e a regulamentação da governança de agrodados entre os agentes do ecossistema de inovação agrícola.

Nesse contexto, surgem implicações jurídicas tais como: 1) Quem é o titular dos dados agrícolas coletados na fazenda? 2) Como fica o papel do agricultor que se alterna ora como produtor de dados e ora como consumidor? 3) Qual é o regime jurídico que deve regular o tratamento de agrodados? 4) De quem é o lucro advindo da integração de agrodados em plataformas digitais? As respostas não são simples e envolvem múltiplos fatores.

O agricultor que lida com *big data* não tem claro quem é o proprietário dos seus dados gerados na fazenda, isso porque faltam transparência e controle sobre o processo de troca de dados com outros agentes econômicos, tais como os fornecedores de tecnologias agrícolas (Mendes; Maranhão, 2023).

Zampati (2023) apresenta como desdobramentos da ausência de transparência entre os agentes da cadeia produtiva a falta de confiança, os monopólios dos fornecedores de tecnologias agrícolas, as assimetrias de poder no controle dos dados e o questionamento sobre a efetividade do direito à privacidade dos agricultores.

A reutilização não autorizada de agrodados por terceiros igualmente se revela um receio dos agricultores, pela possibilidade de manipulação dos preços de *commodities*, de insumos agrícolas e até a renda da terra de acordo com os dados identificáveis da propriedade rural. Por exemplo, intermediários da cadeia de abastecimento podem reduzir o preço na compra de alimentos se tiverem acesso às estimativas de colheita (Atik, 2022).

Outro desdobramento da geração de *big data* na fazenda refere-se à dualidade de papel do agricultor – produtor/consumidor de dados –, pois o agricultor figura como aquele que gera dados brutos a partir de suas atividades de cultivo vegetal e/ou manejo animal, e, por outro lado, também é um usuário de resultados de análises de dados de sistemas e/ou plataformas digitais para lidar com situações do seu estabelecimento agrícola e subsidiar processos decisórios (Lioutas et al., 2019).

Há preocupação por parte dos agricultores sobre o regime jurídico para disciplinar o tratamento de agrodados. Isso porque não há uma lei específica nos países protegendo os dados agrícolas ou definindo sua regulamentação. A ausência legal traz como consequência a concentração de poder de grandes empresas multinacionais do agronegócio que controlam o enorme volume de agrodados – gerados por máquinas,

sensores e drones, sendo armazenados e processados em serviços de nuvem – e que passam a deter informações qualificadas submetidas ao tratamento de *big data* e treinamento de sistemas de inteligência artificial (Schimpf, 2020).

Ademais, falta regramento para se definir de quem é o lucro gerado a partir do valor agregado advindo da análise e estatística de grandes volumes de agrodados e quem se remunera com esta monetização. Além disso, também preocupa o produtor rural o fato dos dados de seu empreendimento serem processados em software privado de terceiros, aumentando o risco de que informações pessoais do agricultor e/ou seus modelos de negócios agrícolas possam ser divulgados a terceiros, sem sua permissão, o que remete ao problema de privacidade e proteção dos dados (Jouanjean et al., 2020).

Para além dos problemas citados, o bloqueio de agrodados também é um fator preocupante. O agricultor luta para fazer a portabilidade de seus agrodados históricos para outro fornecedor de tecnologia, mas encontra barreiras técnicas devido à falta de interoperabilidade, ao bloqueio de configuração de dispositivos conectados e aos padrões de dados projetados, às vezes, de forma intencional para serem incompatíveis com sistemas de outros fornecedores para incentivar a compra de todas as soluções digitais do mesmo grupo empresarial (Atik, 2022).

A Tabela 2.2 resume as implicações jurídicas discutidas, a partir das contribuições dos autores referenciados.

Tabela 2.2. Aspectos éticos, sociais e jurídicos atinentes ao tratamento de agrodados.

Aspecto	Referência
Falta de transparência e controle sobre o processo de troca de agrodados entre agricultor e terceiros.	Mendes et al. (2023b)
Monopólios dos fornecedores de tecnologias agrícolas e assimetrias de poder.	Zampati (2023)
Reutilização não autorizada de agrodados por terceiros e especulação de preços.	Atik (2022)

Continua...

Tabela 2.2. *Continuação.*

Aspecto	Referência
Papel dual do agricultor: produtor e usuário de <i>big data</i> .	Lioutas et al. (2019)
Falta de regramento para compartilhamento de dados e concentração de mercado de empresas multinacionais do agronegócio.	Schimpf (2020)
Ausência de regra para divisão do lucro e risco de privacidade e proteção dos dados do agricultor.	Jouanjean et al. (2020)
Bloqueio de agrodados por barreiras técnicas devido à falta de interoperabilidade.	Atik (2022)

Por fim, é importante destacar que a Diretiva 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho estabeleceu a Infraestrutura de Informação Geográfica na Comunidade Europeia (Inspire, na sigla em inglês), sendo que o Anexo III da Diretiva trata dos temas relativos à agricultura e à aquicultura (União Europeia, 2007). O Inspire é uma infraestrutura de informação geográfica com o objetivo de facilitar a tomada de decisão dos países-membros da União Europeia no que tange às políticas e atividades suscetíveis de ter um impacto direto ou indireto no meio ambiente. No âmbito da Diretiva 2007/2/CE, são especificados os dados no setor agrícola, sendo citada a interoperabilidade como elemento fundamental para combinar a infraestrutura de informação geográfica em todo o território abrangido pela União Europeia. Consequentemente, a interoperabilidade será alcançada ao se modificar, harmonizar e armazenar os dados ou transformando os dados em serviços para publicação na infraestrutura delineada na Inspire, tornando-se relevante refletir sobre a infraestrutura da informação geográfica no Brasil para se alcançar os mesmos objetivos propostos na Inspire.

Arcabouço legal do ambiente digital

A regulação sobre o uso e o tratamento de agrodados está inserida num contexto globalizado mais amplo atinente ao arcabouço legal aplicado ao ambiente digital.

A normatização do ambiente digital tem como transbordamentos discussões sobre a regulação da proteção de dados e do uso de sistemas de inteligência artificial (IA), pois estes são treinados utilizando grandes massas de conjuntos de dados.

No mundo está em ebulição o debate sobre o marco legal aplicável ao ambiente digital, à proteção de dados (pessoais e não pessoais) e ao uso de sistemas de inteligência artificial. Isso ocorre porque é um fenômeno global o avanço da economia digital em vários setores públicos e privados (tais como os governos e poderes constituídos – executivo, legislativo e judiciário –, agricultura, saúde, finanças, indústria, comércio), cujos impactos para a sociedade abrangem os aspectos social, tecnológico, legal, ético, geopolítico e cultural.

Numa dimensão do direito comparado entre a União Europeia, Estados Unidos e Brasil, destacam-se iniciativas legislativas listadas na Tabela 2.3, a seguir aduzidas.

Tabela 2.3. Arcabouço legal para regular o ambiente digital, a proteção de dados e a inteligência artificial (países selecionados).

Tema	União Europeia	Estados Unidos	Brasil
Base de dados	Diretiva de Banco de Dados da União Europeia (União Europeia, 1996)	Lei de direitos autorais dos Estados Unidos (Copyright [...], 2022)	Lei 9.610/1998 (Direitos Autorais) (Brasil, 1998).
Dados pessoais	Regulamento Geral de Proteção de Dados (2016/679) (União Europeia, 2016)	<i>Data Protection Act</i> (em trâmite) (EUA [...], 2021) <i>Consumer Data Protection Act</i> (em trâmite) (Reinaldo Filho, 2018)	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais - LGPD (Lei 13.709/2018 (Brasil, 2018)).
Dados não pessoais	Regulamento - livre fluxo de dados não pessoais (2018/1807) (União Europeia, 2018)	Não há lei específica	Não há lei específica

Continua...

Tabela 2.3. *Continuação.*

Tema	União Europeia	Estados Unidos	Brasil
Governança de dados	Regulamento (EU) Governança de Dados (2022/868) (União Europeia, 2022a)	Não há lei específica	Não há lei específica
Regulamento de dados	Regulamento dos Dados (Comissão Europeia, 2022)	Não há lei específica	Não há lei específica
Mercados digitais e plataformas digitais	Regulamento - Mercados Digitais (2022/1925) (União Europeia, 2022b) Regulamento dos Serviços Digitais (2022/2065) (União Europeia, 2022c)	<i>Communications Decency Act (CDA)</i> , seção 230 (ano 1996) (Gomes et al., 2023)	Projeto de Lei nº 2630/2020 - Lei Brasileira de Liberdade, Responsabilidade e Transparência na Internet (Brasil, 2020b)

União Europeia (UE)

A União Europeia está na vanguarda no que tange à elaboração de leis para regular o ambiente digital, a proteção de dados e a inteligência artificial.

Um dos exemplos é o Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD) – 2016/679 (União Europeia, 2016), que estabelece as regras relativas à proteção das pessoas físicas no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados, defende os direitos e as liberdades fundamentais das pessoas naturais e o seu direito à proteção dos dados pessoais. É importante destacar que embora se utilize a expressão “proteção de dados”, o que se está protegendo no RGPD são as pessoas, ou seja, os titulares dos dados. A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) brasileira foi inspirada no RGPD.

Na União Europeia, não apenas os dados de pessoas físicas são objeto de proteção, mas os dados não pessoais também. Nesse sentido, destacam-se três regulamentos.

O primeiro é o Regulamento para Livre Fluxo de Dados não Pessoais: o Regulamento (EU) 2018/1807 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de novembro de 2018, que assegura o livre fluxo de dados que não sejam dados pessoais na União Europeia, estabelecendo as regras relativas aos requisitos de localização dos dados, à disponibilidade dos dados para as autoridades competentes e à portabilidade dos dados para os utilizadores profissionais (União Europeia, 2018).

O segundo é o Regulamento para Governança de Dados - Regulamento (EU) 2022/868 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2022, relativo à governança europeia de dados, que estabelece: 1) condições para a reutilização de dados, na União, de determinadas categorias de dados detidos por organismos do setor público; 2) um regime de notificação e supervisão para a prestação de serviços de intermediação de dados; 3) um regime para o registo voluntário das entidades que coletam e tratam dados disponibilizados para fins altruístas; e 4) um regime para a criação de um Comitê Europeu de Inovação de Dados (União Europeia, 2022a).

O terceiro denominado Regulamento dos Dados ainda é uma proposta do Parlamento Europeu e do Conselho (Regulamento [...], 2023). O documento dispõe sobre o acesso equitativo aos dados e a sua utilização, estabelece regras harmonizadas sobre a disponibilização de dados gerados pelo uso de um produto ou serviço conexo ao seu usuário, sobre a disponibilização de dados pelos detentores dos dados aos seus destinatários e sobre a disponibilização dos dados pelos detentores a organismos do setor público ou a instituições, agências ou organismos da União Europeia, em caso de necessidade excepcional, para o desempenho de uma missão de interesse público.

No que concerne à regulação do ambiente digital, destacam-se duas diretivas (com regras para o mercado digital e os serviços digitais) que visam criar um espaço digital mais seguro, estabelecer condições de concorrência equitativas entre empresas de tecnologia, promover a inovação e proteger os direitos fundamentais e os dados dos usuários.

O primeiro é o Regulamento dos Mercados Digitais - Regulação nº 2022/1925, que tem por objetivo contribuir para o bom funcionamento do mercado interno mediante a previsão de regras harmonizadas que assegurem para as empresas, em toda a União Europeia, a livre concorrência e a equidade dos mercados no setor digital em que estejam presentes controladores de acesso, em benefício dos utilizadores profissionais e dos utilizadores finais (União Europeia, 2022b).

Já o Regulamento de Serviços Digitais prescreve obrigações para prestadores de serviços digitais e buscadores on-line, plataformas digitais e redes sociais, os quais prestam serviços de intermediação em linha (União Europeia, 2022c). Já foi aprovado e será aplicável em toda União Europeia a partir de 1º de janeiro de 2024, abrangendo o seguinte ecossistema digital: serviços intermediários (intermediary services), serviços de alojamento virtual (hosting services), serviços de plataforma em linha (online platforms) e serviços de plataformas em linha de muito grande dimensão (very large platform).

Para completar o marco legal protetivo do ambiente digital, em 13 de março de 2024, o Parlamento Europeu aprovou a Lei de Inteligência Artificial na União Europeia (denominada AI Act). A lei que tem entre os objetivos atender aos direitos fundamentais das pessoas naturais, garantir a segurança jurídica, utilizar a IA de forma segura e confiável e fomentar o desenvolvimento de mercado único para uso da IA. Representa um avanço na regulação da inteligência artificial com abordagem em princípios éticos (União Europeia, 2024).

Estados Unidos

Nos Estados Unidos, a primeira lei que foi um marco para iniciar o debate sobre a regulamentação do ambiente digital foi o *Communications Decency Act* (CDA) (Gomes et al., 2023) de 1996, mais precisamente a seção 230. O texto legal trata sobre a responsabilização das plataformas e a moderação de conteúdos, tendo sido uma referência, inclusive, para a elaboração do Marco Civil da Internet no Brasil.

No que diz respeito aos dados pessoais, nos Estados Unidos há projetos de lei federal em trâmite para sua regulamentação, tais como: 1) o *Data Protection Act* (EUA [...], 2021) com o objetivo de proteger a privacidade do cidadão norte-americano; e 2) o *Consumer Data Protection Act* (Reinaldo Filho, 2018) que prevê ampliar os poderes da agência de defesa dos consumidores para assuntos de privacidade.

Por fim, é importante destacar o *California Privacy Act* (CCPA), o qual entrou em vigor em janeiro de 2020 e estabelece uma ampla gama de direitos voltados à proteção dos consumidores e de obrigações impostas às empresas no que se refere à coleta e à venda de informações pessoais. Adicionalmente, foi aprovado em novembro de 2020 o *California Privacy Rights Act* (CPRA), o qual emenda e expande a proteção do CCPA. A entrada em vigor do CPRA ocorreu em 1º de julho de 2023, aplicável a partir desta data, sendo que foi criada a *California Privacy Protection Agency*, que possui

o poder administrativo, a autoridade e a jurisdição para implementar e para fazer cumprir as referidas normas. (California Privacy Protection Agency, 2024).

Brasil

No Brasil, nas últimas décadas, o ordenamento jurídico sobre dados vem se consolidando tendo como destaques a carta magna do País, a Constituição Federal, a Lei de Acesso à Informação e o Marco Civil da Internet, que antecederam a aprovação da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais - LGPD (Lei 13.709/2018). A Figura 2.2 apresenta breve linha do tempo¹ do arcabouço legal sobre uso e tratamento de dados no País.

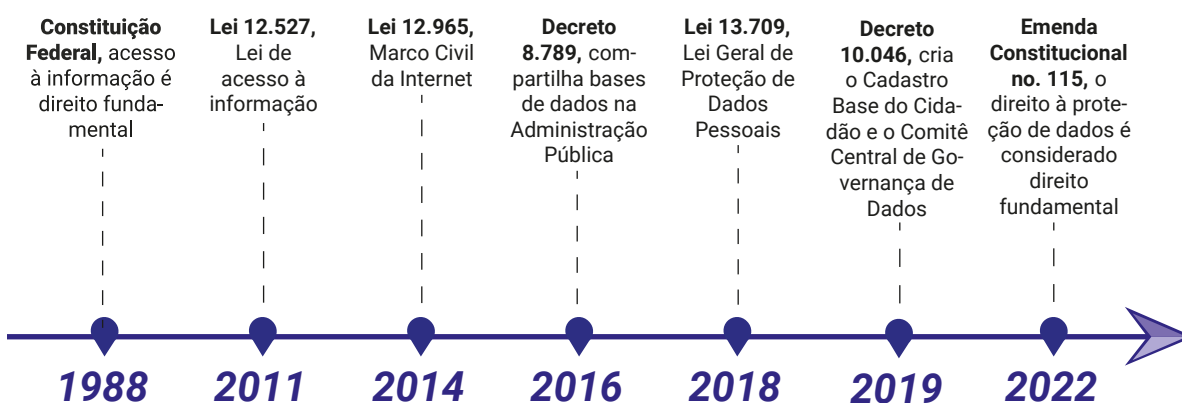


Figura 2.2. Breve linha do tempo do marco legal sobre gestão de dados no Brasil.

Fonte: Mendes et al. (2023a).

Mais recentemente, encontram-se em trâmite no Congresso Nacional projetos de leis para regular o ambiente digital com desdobramentos para a proteção de dados. Merece destaque o Projeto de Lei nº 2.630/2020 (Brasil, 2020b)² denominado Lei Brasileira de Liberdade, Responsabilidade e Transparência na Internet (ou Lei de Combate à Fake News). O texto cria medidas de combate à disseminação de conteúdo falso em redes sociais e nos serviços de mensagens privadas, estando excluído o uso corporativo de e-mail. Estabelece normas, diretrizes e mecanismos de transparência para três principais grupos de *big techs*: 1) provedores de redes sociais; 2) provedores de ferramentas de busca; e 3) provedores de serviços de mensagem instantânea através da internet (Brasil, 2020b).

¹ Para uma lista mais completa sobre a evolução da legislação brasileira atinente à gestão de dados, ver Brasil (2022b).

² Texto encontra-se em trâmite na Câmara dos Deputados.

O segundo é o Projeto de Lei nº 2338/2023³, que regulamenta o uso de inteligência artificial (Brasil, 2023). O projeto estabelece normas gerais de caráter nacional para o desenvolvimento, implementação e uso responsável de sistemas de inteligência artificial no País. Os seus objetivos são proteger os direitos fundamentais e garantir a implementação de sistemas seguros e confiáveis, em benefício da pessoa humana, bem como do regime democrático e do desenvolvimento científico e tecnológico. O PL 2338/2023 foi proposto pelo senador Rodrigo Pacheco e possui a previsão da existência de uma autoridade responsável pela implementação e pelo cumprimento da norma jurídica, fato que fez com que a Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD) já manifestasse o seu interesse de se tornar tal autoridade, segundo se observa na Análise Preliminar do PL nº 2338/2023 da ANPD (Autoridade Nacional de Proteção de Dados, 2023).

Outra iniciativa em discussão é o Projeto de Lei nº 4.123, de 7 de agosto de 2020 (Brasil, 2020a), o qual define prioridades, portabilidade, auditoria e segurança de dados provenientes das atividades agropecuárias, coletados por fornecedores de tecnologia agrícola. Este projeto será apresentado detalhadamente na seção posterior.

Das leis e projetos de leis acima mencionados, pode-se constatar que, no âmbito dos países, há uma mescla entre a abordagem transversal e a abordagem setorial para regular o ambiente digital, a proteção de dados e a inteligência artificial. A abordagem transversal apresenta um conjunto de regras e parâmetros de governança. Por sua vez, na perspectiva setorial, cada setor pode desenvolver suas regras, seja por uma agência reguladora externa ou via autorregulação das associações representativas das entidades do setor. Na experiência internacional, as duas abordagens são adotadas. Nos Estados Unidos, por exemplo, a abordagem é setorial. Na Europa a perspectiva é transversal. E, no Brasil, a abordagem é mais transversal, baseada no modelo europeu e com classificação de riscos (como, por exemplo, se verifica no Projeto de Lei nº 2.338/2023 que regulamenta o uso de inteligência artificial).

As propostas de regulação do ambiente digital precisam buscar conciliar tanto o investimento em pesquisa e desenvolvimento, no sentido de obter benefícios potenciais e não obstar o avanço tecnológico, bem como a adoção de mecanismos (jurídicos, técnicos e administrativos) para minimizar ou mitigar riscos potenciais, resguardar direitos fundamentais e aspectos éticos (Maranhão et al., 2021).

³ O texto encontra-se em andamento no Senado Federal.

Compartilhamento de agrodados e autorregulação setorial: direito comparado Estados Unidos, União Europeia e Brasil

Na ausência de regulamentação estatal específica para uso e tratamento de agrodados, estão ocorrendo movimentos de autorregulação por parte de fornecedores de tecnologias agrícolas e de federações de agricultores em países como os da União Europeia e nos Estados Unidos.

As iniciativas de regulação para compartilhamento de agrodados nos Estados Unidos e na União Europeia adotam, prioritariamente, a perspectiva setorial por meio da edição de regras prescritas pelos agentes do ecossistema de inovação agrícola – associações de agricultores, empresas do agronegócio e fornecedores de tecnologias agrícolas. Por seu turno, no Brasil o Projeto de Lei nº 4123/2020 tem uma abordagem mais transversal (Brasil, 2020a).

Princípios de privacidade e segurança para dados agrícolas: modelo americano

Federações de agricultores americanos implementaram modelo de autorregulação setorial por meio da celebração de código de conduta para compartilhamento de agrodados.

Em 2016, nos Estados Unidos, a *American Farm Bureau Federation*⁴ (Federação Americana de Agências Agrícolas), maior organização que representa a indústria agrícola americana, criada em 1919, editou o código *Privacy and Security Principles for Farm Data* (Princípios de Privacidade e Segurança para Dados Agrícolas) a ser adotado por provedores de tecnologia agrícola e agricultores. Trata-se de um modelo de autorregulação setorial com abordagem principiológica por meio da celebração de código de conduta para compartilhamento de agrodados. A Tabela 2.4 mostra a síntese do código.

Tabela 2.4. *American Farm Bureau Federation* - Princípios de Privacidade e Segurança para Dados Agrícolas.

Princípio	Descrição
Titularidade dos agrodados	São considerados titulares os agricultores cujos dados foram gerados em suas fazendas.

Continua...

⁴Disponível em: <https://www.fb.org/>

Tabela 2.4. *Continuação.*

Princípio	Descrição
Tratamento de agrodados	Realizado apenas mediante prévio e expresso consentimento do agricultor, por meio de acordos contratuais.
Finalidade e canal de comunicação	O Fornecedor de Tecnologia Agrícola (FTA) informa ao agricultor as finalidades de tratamento de dados e dispõe de canal de comunicação.
Notificação	O agricultor deve ser notificado sobre a forma como os seus dados pessoais e os dados da fazenda estão sendo coletados e divulgados.
Obrigações do FTA	Explicar os efeitos da escolha do agricultor em aceitar ou desativar serviços e produtos oferecidos; informar quais serviços/produtos podem ou não ser ativados.
Portabilidade:	Direito do agricultor em realizar portabilidade de seus dados para outros sistemas
Venda de dados	A venda para terceiros deve ser precedida por contrato entre agricultor e FTA, sendo que o primeiro tem a opção de não permitir.
Apagamento ou devolução dos dados	O contrato deve prever a destruição segura e a devolução dos dados originais
Medidas de segurança da informação	O FTA deve usar ferramentas de segurança da informação contra riscos de perda ou acesso não autorizado aos dados.

Continua...

Tabela 2.4. *Continuação.*

Princípio	Descrição
Proibição	O FTA não pode usar os agrodados para executar atividades ilegais ou especular nos mercados de commodities agrícolas.
Rescisão do Contrato	O agricultor pode, a qualquer tempo, cessar a coleta de dados e/ou a prestação de um serviço.

Fonte: Adaptado de American Farm Bureau Federation (2024).

São signatárias do código de conduta dezenas de organizações multinacionais agrícolas. A premissa do documento é a adoção de princípios de privacidade e de segurança de agrodados pelos agentes do ecossistema de inovação agrícola – organizações agrícolas, fornecedores de tecnologia agrícola e agricultores – no contexto de evolução tecnológica e aumento da produtividade e da lucratividade advindas da digitalização agrícola.

O código americano relaciona os princípios de privacidade e segurança de dados a serem adotados pelo provedor de tecnologia agrícola e apresenta o compromisso das organizações agrícola em seguirem os fundamentos propostos.

O modelo americano tem um avanço em relação ao modelo europeu, pois possui processo de certificação *Ag Data Transparent*⁵, por meio da concessão de um selo à empresa que atende os princípios de privacidade e segurança para dados agrícolas. São aferidas as dimensões de atendimento, pelas empresas, dos direitos de propriedade dos dados agrícolas, uso, portabilidade e segurança da informação, e, após análise, se aprovadas, é emitida a certificação.

Código de conduta da União Europeia sobre compartilhamento de dados agrícolas: modelo europeu

O contexto europeu de regulação de dados, em sentido amplo, remonta à década de 1990 com o reconhecimento dos impactos para a economia e a sociedade advindos do aumento do uso de tecnologias digitais baseadas na compilação de dados (Van der Burg et al., 2021).

⁵ Disponível em: <https://www.agdatatransparent.com/>

As já citadas leis na seção anterior são indicativos nesse sentido. No primeiro momento, a União Europeia promulgou a Diretiva de Banco de Dados para padronizar a proteção e atribuir direitos de propriedade intelectual às bases de dados. No segundo momento, diante das suscetíveis violações de privacidade, em 2018, a UE aprovou o Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD). Enquanto a Diretiva de Banco de Dados abrangia as bases de dados, o RGPD protegia apenas os dados de pessoas físicas (singulares).

Então, visando completar a regulação do RGPD, foi implementado o Regulamento sobre o Livre Fluxo de Dados não Pessoais para estimular a circulação de todas as categorias de dados não pessoais no mercado europeu (Van der Burg et al., 2021). Este último Regulamento faz referência explícita aos dados agrícolas categorizando-os como dados não pessoais, incentivando a sua circulação tendo em vista o potencial de contribuir para a economia digital agrícola. No que diz respeito ao instrumento para disciplinar o compartilhamento de dados não pessoais, o artigo 6º do Regulamento defende a elaboração de códigos de conduta autorreguladores para todos os setores econômicos (União Europeia, 2018).

Considerando que os agrodados foram categorizados como dados não pessoais pelo Regulamento, o setor europeu agrícola vislumbrou uma oportunidade de negócio e incentivou a adoção de Código para a UE. Desse modo, no mesmo ano (2018), foi implementado o *European Union Code of Conduct on Agricultural Data Sharing by Contractual Agreement* (Código de Conduta da União Europeia sobre Compartilhamento de Dados Agrícolas por Acordo Contratual), coordenado pelo Comitê das Organizações Profissionais Agrícolas e pela Confederação Geral de Cooperativas Agrícolas - Copa-Cogeca. A Confederação reúne duas grandes organizações agropecuárias da União Europeia, criada em 1962, cuja atividade centra-se na política agrícola e em temas relevantes para os agricultores e cooperativas (COPA-COGECA, 2024). A Tabela 2.5 apresenta a estrutura dos princípios do citado código.

Tabela 2.5. Código de Conduta da União Europeia sobre Compartilhamento de Dados Agrícolas por Acordo Contratual.

Princípio	Descrição
Titularidade dos agrodados	Originador de dados (agricultor ou outra parte).

Continua...

Tabela 2.5. *Continuação.*

Princípio	Descrição
Tratamento de agrodados	Apenas mediante prévia e explícita permissão do originador dos dados.
Canal de comunicação	O usuário dos dados (fornecedor de tecnologia agrícola) cria canal de comunicação com o agricultor.
Notificação sobre compartilhamento	Os dados só podem ser fornecidos a terceiros como dados agregados e anônimos, com permissão do originador.
Portabilidade	O originador dos dados pode fazer portabilidade de dados para outras plataformas.
Venda de dados	Se os dados forem vendidos para terceiros, o originador de dados deve concordar ou recusar.
Medidas de segurança da informação	O controlador do banco de dados terá protocolo de proteção para não permitir compartilhamento com terceiros.
Proibição	Os coletores de agrodados não devem usá-los para fins ilícitos ou para especulativos.
Decisão automatizada por algoritmo	O titular dos dados será informado sobre a lógica do algoritmo.

Fonte: Adaptado de EU Code [...] (2018).

O código disciplina a coleta, o armazenamento e o tratamento de agrodados que só ocorrerão mediante prévia e expressa celebração de instrumento contratual entre as partes, fornecedor de tecnologia agrícola (FTA) e agricultor.

Apesar do avanço na edição do código representar uma contribuição relevante para as relações contratuais entre fornecedor de tecnologia agrícola e produtor rural, há limitações também.

A primeira refere-se ao fato de que no código não está claro quem tem a responsabilidade de fornecer informações compreensíveis nos contratos; entretanto, pode-se inferir que são as agroindústrias, considerando que são elas as responsáveis por elaborarem os documentos contratuais. Todavia, o código apresenta uma lista de verificação com perguntas ao agricultor cujas respostas servirão como base para a elaboração do contrato entre agroindústria e agricultor. As perguntas versam sobre: Existe um acordo em vigor para coleta de dados? Quais as obrigações, garantias e indenizações para coleta de dados? Quais serão os dados coletados? Quem possui o controle do acesso aos agrodados? Quais serviços são prestados na fazenda? Como os dados podem ser recuperados e em qual formato? As perguntas direcionam o agricultor a fornecer informações relevantes de segredos de negócios antes de firmar o contrato, o que para Van der Burg et al. (2021) parece injusto, pois o agricultor é a parte mais vulnerável na relação e deveria ser protegido pelo código.

Igualmente, é uma limitação a assimetria de informação entre o agricultor e o FTA, pois o primeiro não entende a complexidade e a extensão de tratamento de dos dados de sua propriedade agrícola, nem sobre a amplitude do uso de ferramentas de *big data*, sistemas de inteligência artificial e transferências de seus para reutilização terceiros.

Outra limitação se refere ao fato de que o código apresenta um entendimento abrangente de titularidade de dados que vai além do que foi afirmado, o que favorece a liberdade contratual entre as partes a despeito dos princípios propostos no documento, o que pode prejudicar a forma como se espera que as regras do código funcionem (Atik; Martens, 2022).

Projeto de Lei nº 4123/2020 sobre agrodados: iniciativa legislativa brasileira

No Brasil, inexistente autorregulação para tratamento de agrodados semelhante aos modelos americano e europeu. Entretanto, o Projeto de Lei nº 4123/2020⁶ em trâmite na Câmara dos Deputados busca disciplinar o uso de dados agrícolas no território nacional.

A justificativa do documento apresenta cinco fatores que motivaram a iniciativa legislativa para a propositura do PL (Brasil, 2020a).

⁶ O Projeto de Lei encontra-se em trâmite na Câmara dos Deputados, sendo que os últimos despachos ocorridos em: 1) 15/03/2023 para determinar a redistribuição do PL à Comissão de Comunicação, em substituição à Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática; 2) e em 24/05/2023 para estabelecer a reabertura de prazo para emendas ao projeto (Brasil, 2020a).

O primeiro fator é o avanço no uso de ferramentas tecnológicas na produção agrícola brasileira – para aumento da produtividade – com a ampliação dos recursos de processamento de dados, o que aponta para a necessidade de um marco regulatório para disciplinar a relação comercial entre o agricultor (de quem são coletados agrodados) e os Fornecedores de Tecnologias Agrícolas (FTA) que os acessam e tratam.

O segundo é a busca da defesa da propriedade privada (neste caso, a dos agrodados), sendo que a regulação estatal pretendida no domínio econômico, no plano normativo, traduz competência assegurada ao poder público, cuja atuação é justificada por razões de interesse público para preservar a segurança da coletividade.

O terceiro fator é que a proteção e a integridade dos agrodados é medida que visa preservar o interesse social, posto que o projeto legislativo pretende disciplinar a adoção de medidas eficazes de comprovar a observância e o cumprimento das normas de proteção de dados técnicos e científicos utilizados na relação comercial entre as partes.

A criação de uma regulação jurídica mínima entre os produtores agrícolas e as empresas fornecedoras de tecnologia agrícola é o quarto fator apresentado na justificção do PL, procurando equilibrar o fomento à atuação pujante do mercado de tecnologias agrícolas e conferir segurança jurídica e ratificar que o produtor rural é o proprietário dos agrodados, o qual tem a primazia de decidir o que pode ou não ser executado com seus agrodados.

O último fator é o atendimento ao princípio da finalidade por meio da proteção dos agrodados coletados por FTA como medida fundamental.

O PL define prioridades, portabilidade, auditoria e segurança de dados provenientes das atividades agropecuárias, coletados, armazenados e processados por fornecedores de tecnologia agrícola (Brasil, 2020a). A Tabela 2.6 elenca os principais dispositivos do documento.

Tabela 2.6. Descrição do Projeto de Lei nº 4123/2020 sobre Agrodados: iniciativa legislativa brasileira.

Elemento	Descrição
Partes	Contratante (produtores agrícolas) contratado (fornecedor de tecnologia agrícola – FTA).
Propriedade dos agrodados	Do contratante (agricultor).

Continua...

Tabela 2.6. *Continuação.*

Elemento	Descrição
Tratamento de agrodados	Mediante contrato entre as partes com clara especificação sobre o uso e o compartilhamento com terceiros (organizações públicas ou privadas).
Permissão para uso	FTA contratado deve obter do contratante a permissão explícita para usos de agrodados, sob pena de responsabilização por danos morais, materiais ou econômicos.
Interrupção de acesso	O contratante pode interromper o acesso aos dados pelo FTA, mediante aviso prévio de 30 dias.
Empréstimo e comercialização de agrodados	Depende de autorização prévia e expressa do contratante.
Portabilidade	FTA deve explicitar no contrato o formato dos agrodados, de modo que o contratante possa usá-los em sistemas de terceiros.
Multa	A impossibilidade de portar os agrodados acarretará em multa de 40% do valor total anual do contrato e ações por perdas e danos.
Auditoria	O FTA deve manter registro temporal, pessoal e descritivo da movimentação dos agrodados do contratante, sob pena de multa e cancelamento contratual.

Continua...

Tabela 2.6. *Continuação.*

Elemento	Descrição
Segurança contra vazamento	O FTA é responsável pela segurança contra vazamento de agrodados, sob pena de cancelamento contratual, multa e medidas administrativa e judicial.

Fonte: Adaptado de Brasil (2020a).

Conclusões

O avanço da digitalização de setores econômicos no mundo está cada vez mais célere e exponencial.

Na agricultura digital intensiva em uso de dados agrícolas, a regulamentação é tema prioritário na agenda de países e de agentes do ecossistema de inovação agrícola. Aspecto fundamental é encontrar o ponto de equilíbrio entre o fomento à inovação e a observância dos direitos fundamentais, de privacidade e proteção de dados de agricultores.

Verifica-se que nos modelos de autorregulamentação americano e europeu, mesmo com suas limitações, há avanços no que concerne à segurança jurídica para os agricultores, agroindústrias e demais agentes econômicos da cadeia produtiva agrícola, considerando o respaldo contratual para o uso e tratamento de agrodados no ambiente digital rural. Pelas iniciativas apresentadas nos modelos de autorregulação e no projeto de lei, verifica-se que ocorre simbiose e complementariedade entre as medidas protetivas de dados e o compartilhamento de dados, consubstanciando-se como diferentes estratégias com vistas a impulsionar a digitalização da agricultura e promover a distribuição equitativa dos ganhos avindos do tratamento de agrodados entre os agentes do ecossistema agrícola.

O projeto de lei sobre agrodados do Brasil e os modelos de autorregulação setorial americano e europeu apresentam semelhanças e diferenças.

As similaridades referem-se ao estabelecimento de contrato entre as partes (agricultor e FTA) para autorizar a coleta, uso e tratamento de agrodados; a necessidade de prévia e expressa aquiescência para compartilhar agrodados com terceiros; a obrigatoriedade de observar o direito à portabilidade dos dados agrícolas; a inexistência de previsão referente à portabilidade de dados inferidos obtidos por

meio de uso de sistemas de inteligência artificial e a adoção de mecanismos de segurança da informação contra vazamento e uso indevido dos dados.

Por seu turno, as distinções são apenas que o projeto de lei brasileiro prevê multas por descumprimento contratual nos casos de impossibilidade de efetuar a portabilidade, vazamento e acesso ilegal e auditoria ineficaz no uso dos dados. Somente o modelo americano prevê a certificação por meio da concessão do selo *Ag Data Transparent* e, quanto ao modelo europeu, uma singularidade é prever informação ao titular dos dados sobre a lógica do algoritmo e as consequências do tratamento dos agrodados quando realizados por decisão automatizada por algoritmo.

Do ponto de vista de tempo de debate sobre regulamentação do uso de dados, a União Europeia está na vanguarda, com a edição de várias leis sobre o assunto (tanto de dados pessoais como os não pessoais). Especialmente sobre agrodados, os Estados Unidos possuem código desde 2016, a UE adotou a partir de 2018, enquanto que no Brasil há apenas um projeto de lei de 2020 – ainda em análise na Câmara dos Deputados – e escassez de informações e publicações sobre as implicações da regulação de agrodados.

A economia agrícola baseada em agrodados pode ser convergente com a regulação estatal e/ou autorregulação setorial com a livre circulação e agregação de valor dos dados entre os agentes do ecossistema de inovação agrícola. A proteção aos dados, longe de obstar o avanço do progresso tecnológico no setor, busca promover um ambiente de segurança jurídica, com a promoção de equidade tecnológica entre os agricultores.

Os marcos regulatórios podem incentivar a portabilidade e a interoperabilidade de agrodados e serem úteis aos agricultores no sentido de terem seus direitos de propriedade de dados garantidos no âmbito do ecossistema de inovação agrícola, posto que há muitos agentes que contribuem no processo de produção e agregação de valor dos agrodados.

Assim como os candentes debates sobre a regulação do ambiente digital ainda estão longe de chegarem ao consenso, a agricultura digital da mesma forma tem um longo caminho a percorrer para alcançar soluções equitativas e eficientes para direitos de acesso a agrodados e o fomento ao desenvolvimento do setor produtivo agrícola.

Referências

AG DATA TRANSPARENT. **Ag data categories**. Disponível em: <https://www.agdatatransparent.com/ag-data-categories>. Acesso em: 19 jul 2023.

AMERICAN FARM BUREAU FEDERATION. **Ag data core principles**. Disponível em: <https://www.agdatatransparent.com/principles>. Acesso em: 28 maio 2024.

ANIDU, A.; DARA, R. A review of data governance challenges in smart farming and potential solutions. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGY AND SOCIETY, 2021. Virtual event. **Official proceedings**. Piscataway: IEEE, 2021. Editores: Brandiff Caron, Ketra A. Schmitt, Zach Pearl, Rozita Dara, Heather A. Love. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISTAS52410.2021.9629169>.

ATIK, C. Towards comprehensive European agricultural data governance: moving beyond the “Data Ownership” debate. **IIC - International Review of Intellectual Property and Competition Law**, v. 53, n. 5, p. 701–742, May 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40319-022-01191-w>.

ATIK, C.; MARTENS, B. Competition problems and governance of non-personal agricultural machine data: comparing voluntary initiatives in the US and EU. **JIPITEC – Journal of Intellectual Property, Information Technology and E-Commerce Law**, v. 12, n. 3, p. 370–396, 2021. Disponível em: <https://www.jipitec.eu/issues/jipitec-12-3-2021/5336>. Acesso em: 24 jul. 2023.

AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO DE DADOS. **Análise preliminar do Projeto de Lei nº 2338/2023, que dispõe sobre o uso da Inteligência Artificial**. [2023]. Disponível em: https://www.gov.br/anpd/pt-br/assuntos/noticias/analise-preliminar-do-pl-2338_2023-formatado-ascom.pdf. Acesso em: 28 maio 2024.

BRASIL. Lei nº. 9.610, de 19 fevereiro de 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 136, n. 36, p. 3-9, 20 fev. 1998.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 155, n. 157, p. 59-65, 15 ago. 2018.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Substitutivo ao Projeto de Lei nº 2.630/2020**. [Dispõe sobre a Lei Brasileira de Liberdade, Responsabilidade e Transparência na Internet]. Brasília, DF, 2022a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/midias/file/2022/03/fake.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2023.

BRASIL. Congresso. Câmara dos Deputados. **PL 4123/2020**: projeto de lei. Define prioridades, portabilidade, auditoria e segurança de dados provenientes das atividades agropecuárias, coletado, armazenados e processados por fornecedores de Tecnologia Agrícola. Brasília, DF, 2020a. Autora: Margarida Salomão - PT/MG. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2259727>. Acesso em: 4 jul. 2023.

BRASIL. Senado Federal. **PL 2630/2020**: projeto de lei. Institui a Lei Brasileira de Liberdade, Responsabilidade e Transparência na Internet. Brasília, DF, 2020b. Autor: Alessandro Vieira – Cidadania/SE. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2256735&fichaAmigavel=nao>. Acesso em: 28 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Governo Digital. **Cartilha de governança de dados:** poder executivo federal. [Brasília, DF: 2022b]. v. I. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/cartilhas/cartilha-governanca-de-dados-2013-volume-i.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei 2338/2023.** Dispõe sobre o uso de inteligência artificial. Brasília, DF, 2023. Autor: Senador Rodrigo Pacheco – PSD/MG. Disponível em: https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233?_gl=1*114ectu*_ga*MTUwNjgxMzU0Mi4xNjg4NjQ1MTk2*_ga_CW3ZH25XMK*MTY4ODY0NTE5NS4xLjAuMTY4ODY0NTE5NS4wLjAuMA. Acesso em: 7 jul. 2023.

BERTIN, P. R. B.; PAAR, C.; DRUCKER, D. P.; SUBIRATS, I. The Research Data Alliance Interest Group on Agricultural Data: supporting a global community of practice. In: WILLIAMSON, H. F.; LEONELLI, S. (ed.). **Towards responsible plant data linkage:** data challenges for agricultural research and development. Cham: Springer, 2023. pt. IV, p. 289-300. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-13276-6_13.

CALIFORNIA PRIVACY PROTECTION AGENCY. **Laws & Regulations.** 2024. Disponível em: <https://coppa.ca.gov/regulations/>. Acesso em: 28 maio 2024.

COMISSÃO EUROPEIA. **Proposta de regulamento do parlamento europeu e do conselho relativo a regras harmonizadas sobre o acesso equitativo aos dados e a sua utilização (Regulamento Dados).** Bruxelas, 2022. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022PC0068>. Acesso em: 7 jul. 2023.

COPYRIGHT law of the United States and related laws contained in title 17 of the United States Code: circular 92. 2022. Disponível em: <https://www.copyright.gov/title17/>. Acesso em: 21 jul. 2023.

COPA-COGECA. **Policy.** Bruxelles. Disponível em: <https://copa-cogeca.eu/>. Acesso em: 28 maio 2024.

EU Code of conduct on agricultural data sharing by contractual agreement. [2018]. Disponível em: https://fefac.eu/wp-content/uploads/2020/07/eu_code_of_conduct_on_agricultural_data_sharing-1.pdf. Acesso em: 26 jun. 2023.

EUA discutem criação de autoridade de proteção de dados similar à ANPD. **Opice Blum**, 23 ago. 2021. Disponível em: <https://opiceblum.com.br/eua-discutem-criacao-de-autoridade-de-protecao-de-dados-similar-a-anpd/>. Acesso em: 7 jul. 2023.

GOMES, S.; VIEIRA, R.; TAVARES, V. Plataformas digitais no centro das atenções: regular para avançar. **Le Monde Diplomatique Brasil**, 9 maio 2023. Disponível em: <https://diplomatie.org.br/plataformas-digitais-no-centro-das-atencoes-regular-para-avancar/>. Acesso em: 28 maio 2024.

JOUANJEAN, M. A.; CASALINI, F.; WISEMAN, L.; GRAY, E. **Issues around data governance in the digital transformation of agriculture:** the farmers' perspective. Paris: OECD, 2020. (OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, 146). DOI: <https://doi.org/10.1787/53ecf2ab-en>.

LIOUTAS, E. D.; CHARATSARI, C.; LA ROCCA, G.; DE ROSA, M. Key questions on the use of big data in farming: An activity theory approach, **NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90-91, 100297, Dec. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.003>.

MARANHÃO, J. S. de A.; VAINZOF, R.; BLUM, R. O.; CAMPOS, R.; LOPES, G.; OLIVEIRA, S. R. de. Diretrizes para o aperfeiçoamento do marco legal da IA no Brasil. **Consultor Jurídico**, 2 set. 2021. Opinião. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2021-set-02/opinioao-diretrizes-aperfeicoamento-marco-ia-brasil>. Acesso em: 18 jul. 2023.

MENDES, C. I. C.; BERTIN, P. R. B.; COSTA, M. M. Programa de governança em privacidade e proteção de dados pessoais na Administração Pública Federal. **Administração de Empresas em Revista**, v. 2, n. 32, e-6367, abr./jun. 2023a. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1154244>. Acesso em: 29 jun. 2023.

MENDES, C. I. C.; MARANHÃO, J. de S. de A. Governança de dados na Agricultura Digital. In: VEIGA, F. da S.; BRITO, P. de (coord.). **Futurelaw**. Porto: Instituto Iberoamericano de Estudos Jurídicos: Universidade Lusófona, 2023. v. IV, p. 101-110.

MENDES, C. I. C.; MARANHÃO, J. de S. de A.; BERTIN, P. R. B.; MONDO, V. H. V.; PIRES, F. C. Governança de dados para a pesquisa agrícola: segurança jurídica e autorregulação. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 40, e27209, Jan./Dec. 2023b. DOI: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2023.v40.27209>.

REGULAMENTO Dados: Estados-Membros adotam posição comum sobre o acesso equitativo aos dados e a sua utilização. 2023. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2023/03/24/data-act-member-states-agree-common-position-on-fair-access-to-and-use-of-data/>. Acesso em: 7 jul. 2023.

REINALDO FILHO, D. **EUA se preparam para aprovar lei sobre proteção de dados pessoais semelhante à europeia?** 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/70109/eua-se-preparam-para-aprovar-lei-sobre-protecao-de-dados-pessoais-semelhante-a-europeia>. Acesso em: 7 jul. 2023.

SCHIMPF, M. **Digital farming**: can digital farming really address the systemic causes of agriculture's impact on the environment and society, or will it entrench them? Brussels: Friends of the Earth Europe, 2020. Disponível em: <http://www.foeeurope.org/sites/default/files/gmos/2020/foee-digital-farming-paper-feb-2020.pdf>. Acesso em: 27 maio 2020.

UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 96/9/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de março de 1996, relativa à proteção jurídica das bases de dados. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, n.º L 077, p. 0020–0028, 27 mar. 1996. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0009>. Acesso em: 21 jul. 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de março de 2007. [Estabelece uma infra-estrutura de informação geográfica na Comunidade Europeia (Inspire)]. **Jornal Oficial da União Europeia**, p. L 108-1-L 108-14, 25 abr. 2007. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002>. Acesso em: 17 jan. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016, relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados e que revoga a Diretiva 95/46/CE (Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados). **Jornal Oficial da União Europeia**, p. L 119/1-L 119/88, 4 maio 2016. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&qid=1688742066108>. Acesso em: 7 jul. 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2018/1807 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de novembro de 2018, relativo a um regime para o livre fluxo de dados não pessoais na União Europeia. **Jornal Oficial da União Europeia**, p. L 303/59-L 303/68, 28 nov. 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1807&from=El>. Acesso em: 20 jul. 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2022/868 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2022, relativo à governação europeia de dados e que altera o Regulamento (UE) 2018/1724 (Regulamento Governação de Dados). **Jornal Oficial da União Europeia**, p. L 152/1-L 152/44, 3 jun. 2022a. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0868>. Acesso em: 7 jul. 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2022/1925 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de setembro de 2022, relativo à disponibilidade e equidade dos mercados no setor digital e que altera as Diretivas (UE) 2019/1937 e (UE) 2020/1828 (Regulamento dos Mercados Digitais). **Jornal Oficial da União Europeia**, p. L 265/1-L 265/66, 12 out. 2022b. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1925>. Acesso em: 7 jul. 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2022/2065 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 outubro de 2022, relativo a um mercado único para os serviços digitais e que altera a Diretiva 2000/31/CE (Regulamento dos Serviços Digitais). **Jornal Oficial da União Europeia**, p. L 277/1-L 277/102, 27 out. 2022c. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2065>. Acesso em: 13 jul. 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Parlamento Europeu. **Retificação da posição do Parlamento Europeu aprovada em primeira leitura, em 13 de março de 2024, tendo em vista a adoção do Regulamento (UE) 2024/... do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial e que altera os Regulamentos (CE) n.º 300/2008, (UE) n.º 167/2013, (UE) n.º 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 e (UE) 2019/2144 e as Diretivas 2014/90/UE, (UE) 2016/797 e (UE) 2020/1828 (Regulamento Inteligência Artificial) P9_TA(2024)0138 (COM(2021)0206 – C9-0146/2021 – 2021/0106(COD))**. 2024. Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0138-FNL-COR01_PT.pdf. Acesso em: 6 jun. 2024.

VAN DER BURG, S.; WISEMAN, L.; KRKELJAS, J. Trust in farm data sharing: reflections on the EU code of conduct for agricultural data sharing. **Ethics and Information Technology**, v. 23, n. 3, p. 185-198, Sept. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10676-020-09543-1>.

ZAMPATI, F. Ethical and legal considerations in smart farming: a farmer's perspective. In: WILLIAMSON, H. F.; LEONELLI, S. (ed.). **Towards responsible plant data linkage: data challenges for agricultural research and development**. Chaim: Springer, 2023. part IV, p. 257-272. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-13276-6_13.

Redes e parcerias para abertura de dados agrícolas

The background image shows two hands, one from a person in a black long-sleeved shirt and the other from a person wearing a metal watch, holding two ears of yellow corn. Overlaid on this image are several thin, white, vertical lines of varying heights, some ending in small dots, resembling a digital or data visualization theme.

Fernando Elias Correa
Debora Pignatari Drucker
Filipi Miranda Soares
Kelly Rosa Braghetto
Alexandre Cláudio Botazzo Delbem
Fernando Santos Osório
Antônio Mauro Saraiva

Introdução

O agronegócio brasileiro e atividades correlatas geraram para o ano de 2023 a expectativa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio na ordem de 13,2% (Ipea, 2020). O setor, mesmo diante da pandemia, continuou a expandir sua importância na economia brasileira.

Contudo, apesar dos números positivos, os desafios para a atividade agropecuária são muitos, seja pelas características de perecibilidade dos seus produtos, pelo perfil de grande parte de seus produtores, pelas formas de distribuição prevalentes, ou pela forma de consumo muitas vezes in natura. Assim, dado o caráter altamente distribuído desse mercado, ele se apresenta como um objeto de estudo e de implementação complexo do ponto de vista da organização dos dados ou, neste contexto, os agrodados.

Parte desse processo tem sido desempenhado pelo uso de tecnologias empregadas em diferentes setores agrícolas – desde a produção, comercialização e distribuição – e tem exigido avanços significativos de empresas e entidades especializadas. Como exemplo, podemos citar o uso de dispositivos e software para obtenção e análise massiva de dados, o que tem sido conhecido como Agricultura Digital. Com isso, investimentos e pesquisas têm sido aplicados por entidades, como mostram os trabalhos junto à Embrapa (Bolfe et al., 2020) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) (Zaparolli, 2020). No entanto, na mesma proporção, crescem os desafios relativos à integração, geração, armazenamento, tratamento e disponibilização de agrodados.

Assim, torna-se necessário pesquisar, desenvolver e utilizar métodos que permitam a aplicação de modelos para gestão de dados com enfoque no domínio de aplicação do agronegócio (Corrêa, 2019). Em alinhamento à gestão de dados está a necessidade de facilitar o acesso a dados em plataformas, a definição clara de seus metadados, a geração de informações levando em conta a usabilidade e acurácia dos dados.

Neste contexto, no Centro para Inteligência Artificial (C4AI) da Universidade de São Paulo (USP)¹ tem-se trabalhado em procedimentos e modelagem dos agrodados, com definição de modelos de metadados e aplicação de princípios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*). Os trabalhos se desenvolvem em três linhas sinérgicas, com objetivo de melhorar e ampliar a acessibilidade, acurácia e qualidade

¹ Para mais informações, consulte: <https://c4ai.inova.usp.br/>.

dos agrodados, permitindo assim sua reprodutibilidade e seu reúso. Assim, o primeiro tema abordado neste capítulo será a publicação de um website e ferramentas de apoio, como ontologias e termos de metadados, a serem divulgados no domínio público como www.almescore.org – que se refere ao acrônimo para Agricultural and Livestock Metadata Element Set Core (C4AI-Agribio, 2023). Na sequência, será descrito o processo de trabalho no desenvolvimento do Compromisso 5 do 5º Plano de Ação Nacional Brasileiro para Governo Aberto, intitulado “Promover a abertura e integração de bases de dados das cadeias agropecuárias com aderência aos interesses da sociedade” (Brasil, 2021). O Centro coordenou o Marco 4, “Protocolo de metadados para integração e transparência de dados da cadeia agropecuária com base em padrões da Web e conceitos FAIR”. E por fim, a terceira linha de ação é a atuação para o desenvolvimento da Rede GO Fair Agro Brasil, a qual possui um grupo de trabalho denominado Dados, Metadados e Repositórios, que iniciou os trabalhos colaborativos no ano de 2022, e está em execução para agregar diferentes instituições públicas e privadas que lidam com agrodados.

Modelo de metadados AlmesCORE

O princípio trabalhado para a integração dos agrodados foi considerar a gestão dos dados analisando diferentes atores, como produtores, fornecedores e utilizadores de dados. Para tanto, o conhecimento sobre os dados, a forma como foi gerado, características como periodicidade, localização e frequência, dentre outras, devem estar claras e disponíveis a todos os atores envolvidos.

Assim, algumas boas práticas devem ser aplicadas pelos produtores dos agrodados. Um aspecto fundamental é gerar metadados, que são informações que detalham os dados e devem estar disponíveis junto aos conjuntos de dados descritos. Contudo, a definição dos termos para os metadados também deverá ser precedida de uma padronização ou integração entre os especialistas, instituições e fontes provedoras de dados, pois ações isoladas ou exclusivas de geração de metadados por fornecedores poderão gerar termos e conjuntos de metadados incompatíveis entre si. Assim, o AlmesCORE, um acrônimo para “*Agricultural and Livestock Metadata Element Set Core*”, foi criado com o objetivo de prover um modelo de metadados orientado ao domínio de agrodados, acompanhado de ferramentas, formatos e meios de visualização de modo a atender a diferentes produtores, fornecedores e utilizadores de dados.

Foram estabelecidos alguns passos para esse objetivo, iniciado pela avaliação de modelos disponíveis de metadados para agrodados, seguido pela avaliação dos

provedores de dados existentes para o subdomínio de dados de comercialização. Após isso, foi proposto o modelo de metadados, com sua publicação em formato de RDF (*Resource Description Framework*) e a criação de um site de divulgação do AlmesCORE.

Para a avaliação de modelos de metadados existentes não foram encontrados modelos formais seguindo as descrições dos termos, ontologias e formatos como RDF disponíveis para agrodados. Foram encontradas aplicações de metadados diretas em plataformas provedoras de dados como a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com os registros já preenchidos. Existe uma proposta de modelo feita pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), e que não está mais sendo atualizado, chamado de AgMES, mas que trata de alguns descritores, com poucos termos de metadados e que não são aplicáveis para descrever boa parte das características de dados dos provedores de agrodados no Brasil.

Assim, foram feitas as avaliações de três principais provedores de agrodados de comercialização no Brasil, o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo (Cepea/USP), a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) para buscar um denominador comum de termos para descrição dos dados desses provedores.

Com a definição dos termos de metadados, foram serializados em RDF/XML e Shapes Constraint Language (SHACL) e implementados para disponibilização do modelo para a comunidade usar e implementar em seus provedores, gerando assim os registros de metadados compatíveis entre distintos provedores de agrodados.

De modo a ampliar a divulgação e usabilidade do modelo de metadado, foi criado o portal do AlmesCORE na internet (C4AI-Agribio, 2023), o qual registrou todo o histórico e atualizações do projeto, novas implementações, suporte e contato. O objetivo é tornar a principal forma de interação com a comunidade e utilizadores do AlmesCORE.

Protocolo de metadados para integração de agrodados

A metodologia aplicada no Marco 4 do Compromisso 5 do 5º Plano de Ação brasileiro, no âmbito da Parceria para Governo Aberto (Open Government Partnership (OGP)), desenvolveu um protocolo de metadados com ênfase em dados das cadeias agropecuárias relativas à comercialização (Brasil, 2021).

O processo para a criação do protocolo foi dividido em quatro etapas:

- Definição das bases de dados utilizadas para consulta e extração de metadados.

Neste processo foram selecionadas três fontes de dados, notoriamente reconhecidas por publicações de informações relativas a dados econômicos e agropecuários. As fontes selecionadas na pesquisa foram o Cepea/USP², a Conab³ e o Ipea⁴, todas instituições participantes do Compromisso 5. Foram selecionados os dados dessas fontes correspondentes a informações agropecuárias relativas a dados de comercialização.

- Definição e mapeamento de termos correlatos e comuns nas bases de dados previamente mapeadas.

Após a seleção das bases de dados, foram extraídos os dados relacionados à temática de comercialização dessas fontes. Para isso não foram considerados os períodos temporais, uma vez que o interesse foi mapear os termos (propriedades de metadados) comuns entre as bases de dados. Na etapa de resultados, são apresentados os recortes de consultas e extrações de dados feitas dessas fontes para mapeamento dos termos correlatos.

- Definição das propriedades, terminologia e termos do modelo de metadados.

Foram definidos os termos, as propriedades, as nomenclaturas e as relações necessárias para a proposta e criação dos termos de metadados para cadeias agropecuárias. Também foram definidos o nome e as ferramentas para a publicação do modelo. Os materiais produzidos são apresentados na etapa de resultados.

- Criação dos formulários de avaliação e explicação dos termos de metadados para os participantes do Marco 4 para validação.

Como forma de apresentar e validar o modelo de metadados proposto, foram criados e divulgados para os membros do Marco 4, antes de sua publicação, material para validação e simulação de preenchimento dos registros de metadados. Os documentos de validação e preenchimento são apresentados na etapa de resultados.

Para a etapa de seleção de fontes, conforme os métodos descritos em definição e mapeamento de termos correlatos e comuns nas bases de dados previamente mapeadas, foram empregados esforços para se definir um conjunto mínimo de termos de metadados para dados de comercialização. Um conjunto de metadados descritivos, ainda sem especificação formal, foi gerado e apresentado na Tabela 3.1.

² Para mais informações, consulte: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br>.

³ Para mais informações, consulte: <https://www.conab.gov.br/>.

⁴ Para mais informações, consulte: <https://www.ipea.gov.br/>.

Esse exemplo foi extraído de dados do Cepea/USP, os quais foram agrupados para o modelo descritivo

Tabela 3.1. Exemplos de seleção de fonte com metadados descritivos.

Cepea - Exemplo			
Campo abreviado	Lim ⁽¹⁾	Ex1: Açúcar cristal	Ex2: Indicador açúcar santos
aggr_agri	1	Primário	primário
grup_prod	1	Sucroalcooleiro	Sucroalcooleiro
temas	1	Indicador	Indicador
produto	1	Açúcar	açúcar
nome_fantasia	1	Indicador de Açúcar Cristal - à vista	Indicador de Açúcar Cristal - Santos - à vista
tipo_dado	1	série temporal	série temporal
fonte	1	Cepea	Cepea
disseminacao	1	site, api, excel	site, api, excel
variaveis	0	data; valor (R\$); valor (US\$)	data; valor (R\$); valor (US\$)
freq	0	Diária	diária
unidade	0	saca 50 kg	saca 50 kg
localidade	0	São Paulo	Santos
periodicidade	0	20/05/2003 - contínua	23/01/2013 - contínua
metodologia	0	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (2024a)	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (2024b)

⁽¹⁾ Limitação (1 - Obrigatório / 0 - facultativo)

Fonte: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (2024a, 2024b).

Os metadados administrativos ainda serão definidos conforme recomendações dos princípios FAIR e da norma ISO/IEC 11179. O processo inicial foi extrair os metadados em potencial das bases do Cepea/USP, Ipea e Conab e estabelecer metadados comuns entre as três bases, conforme apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Metadados descritivos da relação entre as três fontes.

Metadado	Cepea	Ipea	Conab
produtoNome	x	x	x
indicador	x	–	–
indice	–	x	–
preçosAgrícolas	–	–	x
regiãoReferência	x	–	x
data	x	x	x
periodicidade	x	x	x
unidadeMonetária	x	x	x
valorMonetário	x	x	x
medidaReferênciaValor	x	x	x
medidaReferênciaUnidade	x	x	x
metodologiaID	x	x	–

Para a definição formal dos termos dos metadados propostos, inicialmente foi apresentada a composição resumida dos elementos aplicados a um conjunto de metadados de dados de comercialização agrícola, mas espera-se que nos próximos anos outros domínios da agricultura também sejam cobertos pelo esquema de metadados (Soares et al., 2022). A descrição resumida dos elementos está disponível em C4AI-Agribio (2023).

A última etapa foi a criação dos formulários de avaliação e explicação dos termos de metadados para os participantes do Marco 4 para validação

Os termos de metadados foram submetidos à avaliação dos integrantes do Marco 4 do Compromisso 5. Este processo foi dividido em duas etapas. Primeiro, foi criado um formulário para preenchimento de modo instrutivo de um registro para o protocolo de metadados e disponibilizado online para preenchimento dos participantes.

Em sequência, foi criado um formulário para avaliação da usabilidade do modelo de metadados e disponibilizado para os participantes.

A publicação do esquema de metadados está em processo de finalização. Foi aplicada a metodologia de reuso de ontologias para se realizar a especificação formal do esquema de metadados em RDF/XML e SHACL. Essa metodologia prevê que ontologias ou outros vocabulários controlados existentes para um determinado domínio possam ser reutilizados na construção de novos vocabulários controlados, evitando-se assim o trabalho de criar termos que já existam.

Na evolução dos trabalhos, serão realizados testes de anotações de dados com as propriedades do AlmesCORE e criados na ferramenta *FAIR Data Points* (Santos et al., 2023) para verificar a aderência dos conjuntos de dados descritos com o conjunto de elementos AlmesCORE aos *FAIR Data Principles*. Serão aplicados em conjunto de dados reais de provedores de dados como o Cepea, Conab e Ipea.

GT de dados, metadados e repositórios – rede GO FAIR Agro Brasil

A rede GO FAIR é uma iniciativa internacional iniciada em 2018 na Europa e atualmente presente em diversos países. Ela é dirigida pelas partes interessadas e autogovernada e visa implementar os princípios FAIR (Wilkinson et al., 2016), tornando os dados localizáveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis. O Brasil foi um dos primeiros países a integrar a iniciativa GO FAIR (Sales et al., 2020) e conta com Redes de Implementação (RIs) temáticas, as quais contribuem para a disseminação e a adoção dos princípios FAIR no Brasil em diferentes domínios do conhecimento. As atividades de implementação da RI GO FAIR Agro Brasil foram iniciadas em 2021 no XIII Congresso Brasileiro de Agroinformática, promovido pela Associação Brasileira de Agroinformática (SBIAgro), com a elaboração do Manifesto⁵ da rede e adesão de dezenas de intuições e de centenas de pesquisadores de todo o Brasil (Drucker et al., 2021).

Ao longo de 2022, foram realizadas oficinas para a construção coletiva da RI, resultando na criação de três grupos de trabalhos: GT Dados, Metadados e Repositórios; GT Políticas e Planos de Gestão de Dados e GT Ontologias. O primeiro conta com a coordenação do grupo que lidera o AlmesCORE e representa a continuidade das ações anteriormente descritas para a criação e implementação de um modelo de metadados

⁵ Disponível em: <https://go-fair-agro.github.io/>.

para agrodados. O grupo de trabalho foi estabelecido inicialmente com as seguintes atividades:

- Mapeamento e análise de padrões de dados e metadados para domínios de conhecimento de dados agropecuários.
- Criação e definição de termos e modelos de metadados e extensão para modelos existentes, aplicados a especificidades dos dados agropecuários, com ampla participação da comunidade de prática.
- Desenvolvimento e aplicação de tipologia de dados, metadados e padrões para garantia de qualidade e (re)usabilidade dos dados na fase de inferência e de aplicação em Inteligência Artificial (IA), compatível com os dados de treinamento.

O GT Dados, Metadados e Repositórios está dando continuidade à implementação do AlmesCORE e promovendo discussões para alcançar os objetivos estabelecidos junto à Rede GO FAIR Agro Brasil. Com a validação do modelo para dados de comercialização, espera-se expandir a metodologia para outros subdomínios relevantes aos agrodados e promover a adoção dos padrões pela comunidade.

Conclusões

A crescente quantidade de agrodados gerada nos últimos anos e a tendência de aumento futuro demanda que produtores, fornecedores e usuários trabalhem de forma harmônica para que os maiores benefícios possíveis à sociedade sejam alcançados. Além dos aspectos de governança tratados em outros capítulos do presente livro, é necessário desenvolver e promover a adoção de padrões que viabilizem a implementação dos princípios FAIR. A articulação de redes e parcerias é fundamental para viabilizar que padrões de dados e metadados sejam representativos das práticas da comunidade, uma vez que iniciativas como a OGP e a Rede GO FAIR Agro reúnem pessoas e instituições que enfrentam desafios semelhantes e procuram soluções que podem ser compartilhadas.

A estratégia apresentada neste capítulo de: 1) propor o AlmesCORE no âmbito de um centro de inteligência artificial, buscando tecnologias atuais para implementá-lo; 2) articular sua validação no âmbito de uma iniciativa reconhecidamente bem-sucedida como o compromisso pelo Governo Aberto, a qual reuniu organizações com desafios comuns e permitiu a validação da proposta para padronização de dados de comercialização agrícola; e 3) ampliar o escopo disciplinar e agregar outros atores

relevantes no contexto da Rede GO FAIR Agro Brasil mostrou-se bem-sucedida e aponta para futuros resultados que serão valiosos para promover a adoção de padrões de dados na agricultura.

Referências

BOLFE, E. L.; BARBEDO, J. G. A.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; SOUZA, K. X. S. de; ASSAD, E. D. Desafios, tendências e oportunidades em Agricultura Digital no Brasil. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E. L. (ed.). **Agricultura Digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 16, p. 380-406. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126283>. Acesso em: 22 set. 2023.

BRASIL. Controladoria-Geral da União. **5º Plano de ação nacional em governo aberto**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/67649/3/5_plano_acao_nacional_4_2_2022.pdf. Acesso em: 20 jan. 2022.

C4AI-AGRIBIO. **AlmesCore**: Agricultural and Livestock Metadata Elemento Set. 2023. Disponível em: <https://www.almescore.org/>. Acesso em: 29 jan. 2024.

CORRÊA, P. L. P. Modelo organizacional para gestão integrada de dados da biodiversidade brasileira. In: DIAS, G. A.; OLIVEIRA, B. M. J. F. de (org.). **Dados científicos: perspectivas e desafios**. João Pessoa: Editora UFPB, 2019. cap. 7, p. 153-175.

DRUCKER, D. P.; CRUZ, S. M. S. da; SARAIVA, A. M.; FORTALEZA, J. M.; BERTIN, P. R. B.; SIMAO, V. P. M.; TELLES, M. A.; SILVA, A. R. da; SANTOS, P. S. S.; MACARIO, C. G. do N. Implantação da Rede Temática GO-FAIR Agro Brasil: primeiros passos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 13., 2021, Bagé. **Anais [...]**. Bagé: Unipampa, 2021. p. 164-171. Organizado por Ana Paula Lüdtke Ferreira. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1136670>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. Centro de Estudos Avançados em Economia Agrícola. **Indicador açúcar cristal – Santos (FOB)**. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/metodologia/indicador-acucar-cristal-santos-fob.aspx>. Acesso em: 25 out. 2024a.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. Centro de Estudos Avançados em Economia Agrícola. **Metodologia do açúcar cristal branco CEPEA/ESALQ – São Paulo**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/metodologia/metodologia-do-acucar-cristal-branco-cepea-esalq-sao-paulo.aspx>. Acesso em: 25 out. 2024b.

IPEA. Conjuntura agrícola brasileira. In: _____. **Carta de Conjuntura**, n. 49, p. 1-4, 4 trim. 2020. Nota de conjuntura 22.

SALES, L.; HENNING, P.; VEIGA, V.; COSTA, M. M.; SAYÃO, L. F.; SANTOS, L. O. B. da S.; PIRES, L. F. GO FAIR Brazil: a challenge for Brazilian data science. **Data Intelligence**, v. 2, n. 1-2, p. 238–245, Nov. 2019. DOI: https://doi.org/10.1162/dint_a_00046.

SANTOS, L. O. B. da S.; BURGER, K.; KALIYAPERUMAL, R.; WILKINSON, M. D. FAIR data point: a FAIR-oriented approach for metadata publication. **Data Intelligence**, v. 5, n. 1, p. 163-183, Winter 2023.

DOI: https://doi.org/10.1162/dint_a_00160.

SOARES, F. M.; CORRÊA, F. E.; PIRES, L. F.; SANTOS, L. O. B. da S.; DRUCKER, D. P.; BRAGHETTO, K. L.; MOREIRA, D. de A.; DELBEM, A. C. B.; SILVA, R. F. da; LOPES, C. O. da S.; SARAIVA, A. M. Building a community-based FAIR metadata schema for Brazilian agriculture and livestock trading data. **CEUR Workshop Proceedings**, v. 3235, 2022. 6 p. Edition of the 18th International Conference on Semantic Systems, Vienna, Austria. SEMANTiCS 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1147744>. Acesso em: 29 jan. 2024.

WILKINSON, M. D.; DUMONTIER, M.; AALBERSBERG, I. J.; APPLETON, G.; AXTON, M.; BAAK, A.; BLOMBERG, N.; BOITEN, J. W.; SANTOS, L. B. da S.; BOURNE, P. E.; BOUWMAN, J.; BROOKES, A. J.; CLARK, T.; CROSAS, M.; DILLO, I.; DUMON, O.; EDMUNDS, S.; EVELO, C. T.; FINKERS, R.; GONZALEZ-BELTRAN, A.; GRAY, A. J. G.; GROTH, P.; GOBLE, C.; GRETHE, J. S.; HERINGA, J.; 't HOEN, P. A. C.; HOOFT, R.; KUHN, T.; KOK, R.; KOK, J.; LUSHER, S. J.; MARTONE, M. E.; MONS, A.; PACKER, A. L.; PERSSON, B.; ROCCA-SERRA, P.; ROOS, M.; SCHAIK, R. van; SANSONE, S. A.; SCHULTES, E.; SENGSTAG, T.; SLATER, T.; STRAWN, G.; SWERTZ, M. A.; THOMPSON, M.; VAN DER LEI, J.; VAN MULLIGEN, E.; VELTEROP, J.; WAAGMEESTER, A.; WITTENBURG, P.; WOLSTENCROFT, K.; ZHAO, J.; MONS, B. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. **Scientific Data**, v. 13, p. 1-8, Mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.

ZAPAROLLI, D. Agricultura 4.0. **Pesquisa Fapesp**, v. 287, jan. 2020.

4

Ecossistema de governança de dados e a pesquisa pública agrícola

Cássia Isabel Costa Mendes
Juliano de Souza de Albuquerque Maranhão
Cristina Godoy Bernardo de Oliveira
Juliana Meireles Fortaleza

Introdução

A Agricultura Digital¹ consiste na inserção de tecnologias digitais em todas as fases da cadeia de valor e é baseada na análise de grandes volumes de dados por meio de ferramentas computacionais para extrair conhecimento relevante para subsidiar o processo decisório na gestão da propriedade rural (Massruhá et al., 2021). A Agricultura Digital, apoiada pela pesquisa agropecuária pública, é intensiva em uso de grandes volumes de dados agrícolas, dados de pesquisa e dados pessoais.

A digitalização da agricultura acarretou o aumento da capacidade de coleta de dados em todos os elos da cadeia produtiva (nas fases de pré-produção, produção e pós-produção). Por um lado, ela contribui para automatização de processos e o intercâmbio de informações e conhecimentos. Entretanto, por outro lado surge a necessidade de se estruturar um ecossistema de governança de dados da pesquisa agrícola para conferir segurança jurídica para os agentes envolvidos no tratamento dos dados agrícolas, para uso, tratamento e compartilhamento dos dados.

No contexto do ecossistema de governança de dados, é imprescindível às instituições de ciência e tecnologia (ICTs) conciliarem a proteção de dados e o avanço científico, considerando que os dados agrícolas (também chamados de agrodados) são insumos para o processo de produção do conhecimento.

Ademais, é notória a relevância das decisões baseadas em dados, as quais ajudam o agricultor a reduzir perdas de produção, a diminuir custos de produção, a reduzir a aplicação de fertilizantes e a minimizar o impacto ambiental. Um exemplo nesse sentido pode ser citado com a utilização pelos agricultores do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo), desenvolvido pela Embrapa Agricultura Digital² e pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Dentre as variáveis meteorológicas que afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de uma cultura agrícola estão a chuva, a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade do solo e a direção do vento. O sistema Agritempo produz e disponibiliza gratuitamente aos agricultores, via web, dados de centenas de municípios brasileiros, com boletins e mapas com informações sobre quando vai chover, a necessidade de irrigação, as condições de manejo do solo, os tratamentos

¹ Para uma leitura detalhada sobre o longo processo de evolução da agricultura no transcorrer das décadas no Brasil, e das fases da agricultura 1.0 (pautada pelo trabalho manual) até a agricultura 5.0 (intensiva em uso de tecnologia da informação e em dados), ver o capítulo 1 intitulado "Agricultura Digital" contido neste livro.

² Unidade de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) dedicada ao desenvolvimento de conteúdos digitais e de soluções de tecnologia da informação para atender às demandas do setor agropecuário e apoiar políticas públicas, para fomentar a competitividade agrícola do país no ambiente globalizado (Embrapa, 2023).

fitossanitários e a demanda de aplicação de defensivos agrícolas. Na medida em que os agricultores têm acesso a essa informação e a usam em seu processo decisório, a consequência é o aumento da produtividade agrícola baseada na eficiência na aquisição de dados/informações. Isto porque o Agritempo ajuda a conhecer a climatologia de centenas de municípios do Brasil. Consequentemente, há eficiência na aquisição de dados, pois o sistema permite conhecer o tempo passado (com as séries históricas de dados de monitoramento climatológico e meteorológico), analisar o presente (com as bases de dados atualizadas em tempo real por mais de 1600 estações agrometeorológicas espalhadas no País) e planejar o futuro³. Este é um exemplo prático de benefícios ao agricultor pelo uso de uma tecnologia digital.

Este capítulo apresenta a proposta de ecossistema de governança de dados públicos no Brasil, sua estrutura, agentes e responsabilidades. Também discorre, no contexto do ecossistema, sobre o papel de um dos agentes, uma ICT agrícola, a Embrapa, sobre as ações de privacidade, proteção e governança de dados pessoais, dados de pesquisa e agrodados em projeto de pesquisa. Por último, relata como a Embrapa está lidando com repositórios de dados de pesquisa agrícola e apresenta os desafios e perspectivas quanto ao mercado de carbono e uso de *blockchain* no contexto da governança de dados.

Ecossistema de governança de dados públicos no Brasil

O ecossistema de governança de dados é um conjunto de múltiplas organizações que interagem, de forma direta ou indireta, para fomentar, regular, consumir, produzir, tratar, compartilhar e transferir dados, com papéis e responsabilidades diversificadas e complementares. Os ecossistemas de governança de dados são caracterizados por várias organizações autônomas que se envolvem no fomento para compartilhamento de dados para alavancar a inovação orientada por dados, nos setores público e privado. Um dos objetivos do ecossistema de governança de dados é criar um ambiente colaborativo entre as organizações e envolve mecanismos de coordenação para garantir o alinhamento de objetivos entre os participantes. O ecossistema é o arranjo de governança de dados para permitir colaborações interorganizacionais. (Lis; Otto, 2021).

³ FASIABEN, M. do C. R.; MENDES, C. I. C.; ROMANI, L. A. S.; EVANGELISTA, S. R. M.; FRANZONI, A. **Relatório de avaliação dos impactos do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico - Agritempo**. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2023. Digitado.

Segundo Cerqueira et al. (2023, p. 4), o Ecossistema de Dados é conceituado como sendo “um conjunto de relações complexas que se formam entre os atores ou entidades que interagem e direta ou indiretamente consomem, produzem, fornecem dados e outros recursos relacionados”.

A partir das definições apresentadas acima, propomos o desenho do ecossistema de governança de dados públicos⁴ no Brasil, conforme Figura 4.1, abrangendo sete eixos conceituais, quais sejam: 1) normas e orientações; 2) padrões e recursos de tecnologia da informação; 3) regulação e fiscalização; 4) serviços públicos digitais; 5) controle e auditoria; 6) pesquisa/ensino público; e 7) defesa de direitos de usuários/titulares.

Os eixos conceituais que compõem a proposta de arranjo do ecossistema de governança de dados públicos são descritos na sequência.

Normas e orientações

Entre os órgãos responsáveis pela definição de normas e orientações, bem como políticas de infraestrutura e econômicas e regulamentos relacionados a dados, destacam-se a Secretaria de Governo Digital (SGD) e o Comitê Central de Governança de Dados (CCGD). Entre o conjunto de normas e orientações, estão as políticas de infraestrutura para fornecimento de meios para a coleta e tratamento de dados de forma segura e equitativa e as normas de segurança de dados.

A Secretaria do Governo Digital (SGD), vinculada ao Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos, é o órgão central do Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação do Poder Executivo Federal (Sisp), sendo responsável por definir, elaborar, divulgar e implementar as políticas, as diretrizes e as normas gerais relativas à gestão dos recursos (Brasil, 2023f).

A atuação da SGD é realizar um elo quanto à governança de dados no âmbito dos órgãos do governo federal para “quebrar silos de dados e gerar valor para o cidadão no fornecimento de serviços públicos” (Cerqueira et al., 2023, p. 17).

⁴ No final de 2023, no âmbito da série temática “Cartilha de Governança de Dados”, o Comitê Central de Governança de Dados lançou o volume “Ecossistema de Dados do Poder Executivo Federal” (Cerqueira et al., 2023) que difere da proposta de ecossistema apresentada neste capítulo principalmente por dois motivos. O primeiro é que a proposta do Comitê Central de Governança de Dados é mais abrangente para todos os órgãos públicos federais. O segundo é que a proposta ora apresentada pelos autores se diferencia daquela por inserir o eixo conceitual “pesquisa/ensino público” que serve a um dos objetivos do capítulo, que é abordar o papel de uma instituição pública de pesquisa agrícola, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no contexto do ecossistema de governança de dados, bem como focar em suas ações implementadas para promover a privacidade, proteção e governança de dados pessoais, dados de pesquisa e dados agrícolas no âmbito de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).



Figura 4.1. Eixos conceituais da proposta de ecossistema de governança de dados públicos no Brasil

Por seu turno, o Comitê Central de Governança de Dados (C-CGD) foi instituído pelo Decreto n.º 10.046/2019, o qual dispõe sobre a governança no compartilhamento de dados no âmbito da administração pública federal e criou o Cadastro Base do Cidadão (Brasil, 2019). Entre as competências do CCGD, destacam-se:

- As orientações e as diretrizes para a categorização de compartilhamento amplo, restrito e específico e a forma e o meio de publicação dessa categorização, observada a legislação pertinente referente à proteção de dados pessoais.

- As regras e os parâmetros para o compartilhamento restrito, incluídos os padrões relativos à preservação do sigilo e da segurança.
- A compatibilidade entre as políticas de segurança da informação e as comunicações efetuadas pelos órgãos e entidades no âmbito das atividades relativas ao compartilhamento de dados.
- As orientações e as diretrizes para a integração dos órgãos e das entidades que compartilham dados no âmbito do Cadastro Base do Cidadão.

Em 2020, o CCGD estabeleceu o Subcomitê Técnico de Governança de Dados para propor orientações para estruturação de governança de dados em órgãos e entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional e os demais Poderes da União (Cerqueira et al., 2023).

Padrões e recursos de tecnologia da informação

Devido à imensa quantidade de dados produzidos anualmente no setor agrícola, nota-se a relevância de se buscar uma harmonização na forma de coleta, armazenamento e processamento com o intuito de facilitar a recuperação, o entendimento, a segurança e a interoperabilidade dos agrodados.

Tendo em vista este cenário, é preciso estabelecer padrões em tecnologia da informação e comunicação (TIC) para o armazenamento de dados, intercâmbio e interoperabilidade de sistemas de informação, atuando como principais responsáveis para esta tarefa no Brasil:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): criada em 28 de setembro de 1940, é uma entidade privada sem fins lucrativos, sendo responsável pela elaboração das Normas Técnicas Brasileiras (ABNT NBR) como Foro Nacional de Normalização, elaboradas pelos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), pelos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/NOS) e Comissões de Estudos Especiais (ABNT/CEE). Além disso, desde 1950, a ABNT é responsável pela avaliação da conformidade e dispõe de programas voltados à certificação de produtos, sistemas e rotulagem ambiental. É importante destacar que existem diversas normas federais que atribuem determinadas funções específicas para a ABNT no intuito de garantir o desenvolvimento do País, podendo-se destacar o Decreto-Lei nº 7.103 de 1944, em que se concedia um auxílio à ABNT para elaborar normas, especificações e métodos de ensaio de materiais necessários ao progresso da indústria nacional. (Brasil, 1944; Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023).

- Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br): Trata-se de um modelo de governança da Internet no Brasil criado pelo Decreto nº 4.829/2003, o qual é responsável (art. 1º) pelo estabelecimento de diretrizes estratégicas voltadas ao uso e desenvolvimento da internet, pela promoção e recomendação de procedimentos, normas e padrões técnicos e operacionais, pela segurança das redes e serviços da internet e pela adoção de procedimentos administrativos e operacionais necessários para a criação da gestão da internet no Brasil conforme os padrões internacionais aceitos pelos órgãos de cúpula da internet (Brasil, 2003; Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2024).
- Comissão Nacional de Cartografia (Concar): é um órgão colegiado do Ministério do Planejamento e Orçamento, criado pelo Decreto s/nº de 21 de junho de 1994 (Brasil, 1994), com o papel de coordenar a execução da política cartográfica nacional. Segundo o art. 8º da Portaria nº 61 de 1996 (Brasil, 1996b), do Ministério de Estado do Planejamento e Orçamento, compete à Concar promover a implantação e a operação de um sistema de informações cartográficas garantidor dos fluxos de dados necessários para a interação de atividades no contexto do Plano Cartográfico Nacional e promover, sempre que necessário, a atualização das instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Tendo em vista as responsabilidades acima apontadas, deve-se mencionar o “Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil”, homologado em 2009 pela Concar, voltado a catalogar os dados geoespaciais e com uma arquitetura que viabiliza a integração e a interoperabilidade de aplicações no setor agrícola.

Regulação e fiscalização

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) – Lei 13.709, de 2018, entrou em vigor em setembro de 2020 e estabeleceu dois importantes atores para a regulação e fiscalização de dados pessoais:

- Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD), autarquia de natureza especial, possuindo autonomia técnica e decisória, sediada no Distrito Federal. Entre as várias funções da ANPD dispostas no art. 55-J da LGPD, pode-se destacar: zelar pela proteção dos dados pessoais segundo a LGPD; elaborar diretrizes para a Política Nacional de Proteção de Dados Pessoais e da Privacidade; fiscalizar e aplicar sanções devido ao descumprimento da legislação no que se refere ao tratamento de dados; editar regulamentos e procedimentos sobre proteção de dados pessoais e privacidade e articular-se com as autoridades reguladoras públicas para exercer suas competências

em setores específicos de atividades econômicas e governamentais sujeitas à regulação.

- Conselho Nacional de Proteção de Dados e da Privacidade: é composto por 23 representantes de diversos órgãos, conforme disposto no art. 58-A da LGPD, sendo responsável (Art. 58-B, LGPD) pela propositura de diretrizes estratégicas voltadas à elaboração da Política Nacional de Proteção de Dados Pessoais e da Privacidade; pela apresentação de relatórios anuais de avaliação da execução das ações da Política Nacional de Proteção de Dados Pessoais e da Privacidade; pela sugestão de ações a serem realizadas pela ANPD; realizar estudos e debates sobre proteção de dados pessoais e de privacidade e disseminar o conhecimento à população sobre a proteção de dados pessoais e da privacidade. (Brasil, 2018b).

Serviços públicos digitais

No que tange ao elemento serviços públicos digitais, como órgãos da administração pública federal que são orientados a dados, a título de exemplificação, mencionamos o Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro), o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) e a Receita Federal.

O Serpro foi criado pela Lei nº 4.516, em 1º de dezembro de 1964 (Brasil, 1964), para modernizar e dar agilidade a setores estratégicos da administração pública. O Serpro é a maior empresa pública de prestação de serviços em tecnologia da informação do Brasil e também é o principal provedor de soluções tecnológicas para o Estado brasileiro, por meio do desenvolvimento de sistemas estratégicos que suportam ações estruturantes do governo (Serpro, 2023a).

Como exemplos de sistemas desenvolvidos pelo Serpro, intensivos em tratamento de dados pessoais, podem ser citados: a declaração de imposto de renda da Receita Federal do Brasil; a GovData, uma plataforma de inteligência utilizada para aplicação de políticas públicas baseadas em evidências; e o Sistema de Administração Financeira do Governo Federal (Siafi), desenvolvido em conjunto pela Secretaria do Tesouro Nacional com o Serpro com o objetivo de fiscalizar e otimizar os gastos públicos (Serpro, 2023b).

Por seu turno, o INSS, criado em 27 de junho de 1990, por meio do Decreto nº 99.350, com a fusão do Instituto de Administração Financeira da Previdência e Assistência Social (Iapas) com o Instituto Nacional de Previdência Social (INPS),

é uma autarquia vinculada ao então Ministério da Previdência e Assistência Social (Brasil, 1990a, 2023h).

O INSS operacionaliza o reconhecimento do direito, a manutenção e o pagamento de benefícios e os serviços previdenciários do Regime Geral de Previdência Social, de benefícios assistenciais e de aposentadorias e de pensões do Regime Próprio de Previdência Social da União (Brasil, 2023h).

Por último, a Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil é um órgão vinculado ao Ministério da Fazenda, responsável pela administração dos tributos de competência da União, inclusive os previdenciários, e aqueles incidentes sobre o comércio exterior (Brasil, 2023e).

Entre as competências da Receita Federal, destacam-se: administração dos tributos internos e do comércio exterior; gestão e execução das atividades de arrecadação; gestão e execução dos serviços de administração, fiscalização e controle aduaneiro; interação com o cidadão por meio dos diversos canais de atendimento (Brasil, 2023d).

Controle e auditoria

Concernente aos atores da dimensão controle e auditoria, destacam-se – não de forma exaustiva – o Tribunal de Contas da União (TCU) e a Controladoria Geral da União (CGU).

O Tribunal de Contas da União (TCU) é o órgão de controle externo do Governo Federal com a missão de auxiliar o Congresso Nacional no acompanhamento da execução orçamentária e financeira do País, bem como de contribuir com o aperfeiçoamento da administração pública em benefício da sociedade (Brasil, 2023j).

O TCU desempenha papel relevante para garantir a eficiência, responsabilidade e a transparência na gestão de dados e de recursos públicos.

No escopo de suas competências, o TCU realizou, em 2022, auditoria em 382 organizações públicas federais para avaliar os ajustes à Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) (Nardes, 2022).

As principais conclusões da auditoria demonstram que, do total de 382 organizações auditadas pelo TCU quanto ao nível de adequação à LGPD, os resultados indicam que 17,8% estão no nível inexpressivo; 58,9% encontram-se no nível inicial; 20,4% ficaram no nível intermediário e apenas 2,9% acham-se no nível aprimorado. Destes 382 órgãos públicos, as boas práticas e de governança de tratamento de dados adotadas foram: 1) proteção dos direitos do titular: apenas 25%

elaboraram a política de privacidade e somente 14% implementaram mecanismos para atender aos direitos dos titulares; 2) compartilhamento de dados com terceiros: só 14% conseguiram identificar quais dados pessoais são compartilhados com terceiros; 3) medidas de proteção: 46% adotaram medidas de segurança (técnicas e administrativas) e somente 7% registraram os eventos (logs) de todas as atividades de tratamento de dados pessoais; 4) *privacy by design* e *privacy by default*: a maioria das organizações, 85%, não adotaram sistemas projetados desde a concepção, em conformidade com a LGPD. O diagnóstico nestas organizações constatou que a maior parte delas ainda está iniciando a adequação à LGPD. (Nardes, 2022).

Por seu turno, a Controladoria Geral da União (CGU), que integra a administração pública no Poder Executivo Federal, é o órgão central das políticas de transparência de dados abertos do governo federal. A CGU é responsável tanto pela gestão como pelo monitoramento da Política de Dados Abertos (Brasil, 2023i). Entre suas principais atribuições, cabe à CGU (Brasil, 2023i):

- Orientar os órgãos sujeitos à Política de Dados Abertos sobre a elaboração de planos de dados abertos.
- Fornecer capacitação aos órgãos sobre dados abertos.
- Incentivar o envolvimento e a participação dos órgãos no ecossistema de dados abertos.
- Fomentar o uso de dados abertos governamentais pela sociedade.

A CGU também é responsável pela administração do Portal Brasileiro de Dados Abertos e do Painel de Monitoramento de Dados Abertos.

Pesquisa e ensino públicos

O Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) foi instituído pela Portaria nº 193, de 1992 (Brasil, 1992), do Ministério da Agricultura e autorizado pela Lei Agrícola [Lei nº 8.171 de 1991 (Brasil, 1991)]. O SNPA é constituído pela Embrapa, pelas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuárias (Oepas), por universidades e institutos de pesquisa de âmbito federal ou estadual.

Os objetivos do SNPA são: 1) harmonizar as diretrizes e as estratégias de pesquisa agropecuária com as políticas de desenvolvimento nacional e regional; 2) garantir a organização e coordenação das matrizes de instituições atuantes no setor; 3) desenvolver o sistema nacional de planejamento para pesquisa; 4) estabelecer o sistema brasileiro de informação agrícola; 5) organizar e racionalizar os meios,

métodos e sistemas por intermédio da informatização das instituições envolvidas; 6) apoiar as parcerias entre as instituições no desenvolvimento de ciência e tecnologia (C&T) para a agropecuária; e 7) favorecer o intercâmbio de pessoal para capacitação.

Tendo em vista o SNPA, cumpre-se mencionar os principais atores na geração de dados científicos e que integram o ecossistema de governança de dados públicos no campo da pesquisa e ensino públicos:

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa): trata-se de uma empresa pública vinculada ao Ministério da Agricultura e Pecuária, sendo criada pela Lei nº 5.851, de 1972 (Brasil, 1972), possuindo a responsabilidade de garantir a segurança alimentar e colaborar para que o Brasil tenha uma posição de destaque no mercado internacional de alimentos, fibras e energia. Segundo o art. 2 da Lei responsável por instituir a Embrapa, são os seus objetivos: 1) promover, estimular, coordenar e executar atividades de pesquisa, com o objetivo de gerar conhecimento e tecnologia voltados ao desenvolvimento agrícola do Brasil e 2) dar apoio técnico e administrativo a órgãos do Poder Executivo com o objetivo de formular, orientar e coordenar políticas de ciência e tecnologia no setor agrícola.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe): criado pelo Decreto nº 68.532, de 1971 (Brasil, 1971), é o órgão de execução para o desenvolvimento de pesquisas espaciais no âmbito civil. Entre as suas várias competências, cabe ao Inpe executar atividades e projetos de pesquisa espacial diretamente, mediante contrato ou convênio com outros órgãos de execução nacionais, estrangeiros ou internacionais, e manter intercâmbio de informações científicas com instituições nacionais, estrangeiras e internacionais que desenvolvem atividades espaciais. Adicionalmente, deve-se mencionar que, em fevereiro de 2023, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), Inpe e Embrapa integrarão dados sobre segurança alimentar na plataforma AdaptaBrasil, permitindo melhores tomadas de decisões no planejamento de ações de adaptação em razão dos riscos das mudanças climáticas no País (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).
- Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz): é marcada pela criação do Instituto Soroterápico Federal em Manguinhos (RJ), em 1900. O Decreto nº 66.624, de 1970 (Brasil, 1970), cria a Fiocruz com personalidade jurídica de direito público, vinculada ao Ministério da Saúde, sendo que, entre as suas várias competências, deve-se destacar as seguintes: 1) desenvolver atividades de produção, captação e armazenamento da informação para a saúde, ciência e tecnologia; 2) desenvolver atividades de prestação de serviços e cooperações técnicas na área de saúde, ciência e tecnologia; e 3) promover

atividades de pesquisa, ensino, desenvolvimento tecnológico e cooperação técnica destinadas à conservação do meio ambiente e da biodiversidade.

- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea): instituído pelo Decreto-Lei nº 200, de 1967 (Brasil, 1967), com o intuito de elaborar estudos, pesquisas e análises requeridos pela programação econômico-social do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Em 1990, o Ipea passou a ser uma fundação que auxilia o Ministério do Planejamento e Orçamento na elaboração de política econômica e promoção da atividade de pesquisa econômica aplicada (Lei nº 8.029 de 1990 (Brasil, 1990b)). Dentre as competências do Ipea previstas no art. 3º do Decreto nº 11.194, de 2022 (Brasil, 2022), pode-se ressaltar: a promoção e a realização de pesquisas relacionadas a processos econômicos, sociais e de gestão pública; a realização de estudos prospectivos de médio e longo prazo e a disponibilização de sistemas de informação e disseminação de conhecimento nas áreas de sua competência.
- Escola Nacional de Administração Pública (Enap): instituída pelo Decreto nº 93.277, de 1986 (Brasil, 1986), é integrante da estrutura da Fundação Centro de Formação do Servidor Público (Funcep). Vinculada à Secretaria da Administração Pública da Presidência da República. A Enap possui a finalidade de planejar, promover, coordenar e avaliar as atividades de formação, aperfeiçoamento e profissionalização do pessoal civil de nível superior da administração pública federal. Por meio da Lei nº 10.973, de 2004 (Brasil, 2004), a Enap passou a ser qualificada como instituição científica, tecnológica e de inovação, possuindo a responsabilidade de desenvolver pesquisa básica ou aplicada, de caráter científico e tecnológico, e o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos destinados a tecnologias de gestão que melhorem a eficácia e a qualidade dos serviços públicos prestados aos cidadãos brasileiros.
- Universidade de São Paulo (USP): criada pelo Decreto nº 6.283, de 1934 (São Paulo, 1934), a Universidade de São Paulo é autarquia de regime especial, mantida pelo Estado de São Paulo. Atualmente, está ligada à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação. De acordo com o seu estatuto (Resolução nº 3461 de 1988 (São Paulo, 1988)), a USP possui as seguintes finalidades: 1) promover e desenvolver todas as formas de conhecimento mediante o ensino e a pesquisa; 2) capacitar pessoas ao exercício da investigação e do magistério em todas as áreas do conhecimento, bem como qualificar pessoas para o exercício de atividades profissionais; e 3) estender serviços indissociáveis das atividades de ensino e de pesquisa à sociedade. Adicionalmente, é importante destacar a criação no ano de 2023 do Centro de Agricultura Tropical Sustentável (Sustainable Tropical Agriculture Center – STAC), sendo que a proposta é a promoção de atividades científicas interdisciplinares e

transdisciplinares para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável no Brasil. O STAC integra outros três centros criados na USP voltados a estudos relacionados aos biomas brasileiros: Centro de Estudos da Amazônia Sustentável e Centro de Estudos de Carbono em Agricultura Tropical.

- Universidade Estadual de Campinas (Unicamp): criada pela Lei nº 7.655, de 1962 (São Paulo, 1962), a Unicamp é uma autarquia sediada na cidade de Campinas (SP). De acordo com o Decreto nº 52.255, de 1969 (São Paulo, 1969), o qual baixa o estatuto da Unicamp, entre os seus diversos objetivos, é possível destacar a promoção e o estímulo à pesquisa científica e tecnológica e a produção de pensamento original no campo da ciência, da tecnologia, da arte, das letras e da filosofia; estudar problemas socioeconômicos e propor soluções pautadas nos princípios democráticos; e integrar os diferentes grupos técnicos e sociais na Universidade. É importante destacar que o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Cepagri) da Unicamp foi criado em 1983 e, desde setembro de 2001, está instalado no prédio da Embrapa Agricultura Digital, sendo que o seu principal objetivo é desenvolver atividades relacionadas à agrometeorologia, área que era deficiente de informações no Brasil.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI): A Lei nº 14.600, de 2023 (Brasil, 2023b), estabelece a criação dos órgãos da Presidência da República e dos ministérios, sendo que o MCTI integra essa estrutura. As competências do MCTI são estabelecidas no art. 22 da mencionada lei, podendo-se destacar: o desenvolvimento de políticas nacionais de ciência, tecnologia e inovação; o desenvolvimento de política de transformação digital; e o desenvolvimento de uma política nacional de biossegurança. Em 2020, foram criadas as “Redes de tecnologia” por meio de dois Planos de Ação Tecnológica do MCTI, com o intuito de acelerar o uso de novas tecnologias no setor agrícola e industrial. O principal objetivo do Plano de Ação no setor agrícola é ampliar o acesso à agricultura de precisão para pequenos e médios produtores por meio do uso de dados coletados pelos mesmos.

Defesa de direitos de usuários/titulares

No eixo conceitual do ecossistema defesa de direitos de usuários destacam-se as organizações da sociedade civil de proteção de dados. A organização da sociedade civil (OSC), segundo a lei 13.019/2014, é uma entidade privada sem fins lucrativos que aplica seu patrimônio integralmente na consecução do respectivo objeto social (Brasil, 2014b).

Dentre as OSC de proteção de dados, pode-se citar a Coalizão Direitos na Rede, que reúne mais de 50 organizações da sociedade civil e também acadêmicas, com a missão de defender os direitos digitais, atuando com os temas liberdade de expressão, proteção de dados pessoais e privacidade na Internet (Coalizão Direitos na Rede, 2023).

A Secretaria Nacional do Consumidor (Senacon) também tem a missão de defender os cidadãos no que se refere ao direito de proteção aos dados pessoais.

A Senacon foi criada pelo Decreto nº 7.738, de 28 de maio de 2012 (Brasil, 2012b), integra o Ministério da Justiça e Segurança Pública. A atuação da Senacon concentra-se no planejamento, elaboração, coordenação e execução da Política Nacional das Relações de Consumo. Seus principais objetivos são garantir a proteção e exercício dos direitos dos consumidores e promover a harmonização nas relações de consumo. (Brasil, 2023g).

A governança de dados entre os sete eixos conceituais do ecossistema – normas e orientações; padrões e recursos de tecnologia da informação; regulação e fiscalização; serviços públicos digitais; controle e auditoria; pesquisa e ensino públicos; e defesa de direitos de usuários/titulares – ocorre mediante interações intraorganizacional e interações interorganizacionais.

A primeira refere-se ao escopo interno, dentro de cada órgão, sua estrutura organizacional, pessoais e áreas de negócios. Os mecanismos de governança de dados são usados para melhoria da qualidade dos dados, adoção de boas práticas de gerenciamento de recursos de dados e definição de políticas, procedimentos, papéis, processos e responsáveis pela coleta, uso e tratamento de dados.

Por seu turno, as interações interorganizacionais ocorrem entre órgãos, cidadãos, poderes, sociedade, mercado e organizações internacionais, mediante a definição de mecanismos de governança para promover a colaboração entre as várias organizações, bem como fomentar o compartilhamento de dados considerando a propriedade de dados, acesso integração e uso (Cerqueira et al., 2023).

Governança de dados agropecuários: o caso da Embrapa

Como mencionado no capítulo *Agrodados e Regulação* deste livro, a União Europeia foi uma das precursoras em classificar os agrodados como sendo dados não pessoais, no âmbito do Regulamento sobre o Regime para o Livre Fluxo de Dados não Pessoais, principalmente os conjuntos de dados anonimizados e agregados

usados na agricultura de precisão e analisados via sistemas de inteligência artificial (União Europeia, 2018).

Os dados não pessoais – e por extensão os agrodados –, em algumas situações específicas e observados os requisitos legais, poderão ter proteção jurídica, tais como: dados confidenciais de negócio; bases de dados; propriedade intelectual de software; patentes de invenção e de modelo de utilidade (Brasil, 1996a, 1998a, 1998b).

Os dados de pesquisa igualmente são tipificados como dados não pessoais. São dados de pesquisa os registros factuais (pontuações numéricas, registros textuais, imagens e sons) produzidos ou utilizados como fontes primárias para a pesquisa científica e tecnológica e que são necessários para validação dos seus resultados (Mendes et al., 2023).

No contexto da pesquisa pública agrícola, a Figura 4.2 apresenta os elementos constitutivos de dados atinentes a sua categorização, legislação aplicável à privacidade e proteção, governança, tratamento e compartilhamento.

Na perspectiva das instituições de ciência, tecnologia e inovação, os dados gerados em suas ações de pesquisa e desenvolvimento são ativos corporativos valiosos e, por isso, devem ser bem governados com o objetivo de garantir que sejam confiáveis, precisos e protegidos, o que agrega valor a eles e minimiza riscos à instituição. Para isso, é preciso estabelecer mecanismos de governança como a construção de política e normas internas que definem princípios e diretrizes, processos e práticas (Leão et al., 2022).

A Embrapa tem, desde 2015, refletido e mobilizado esforços para a implementação de uma governança eficiente e eficaz dos dados gerados durante o ciclo de vida de suas pesquisas agropecuárias (Bertin et al., 2019). Por ser uma empresa pública, deve e pode atuar simultaneamente como órgão público, atendendo ao arcabouço legal vigente relacionado à transparência pública e, como pessoa jurídica de direito privado, podendo executar serviços de natureza econômica. Entre os dispositivos legais relacionados à transparência e que interferem no processo de governança de dados da Empresa, os principais são:

- A Lei de Acesso à Informação (LAI - Lei nº 12.527/2011), que estabelece princípios básicos de acesso à informação que permitam o controle social da administração pública:

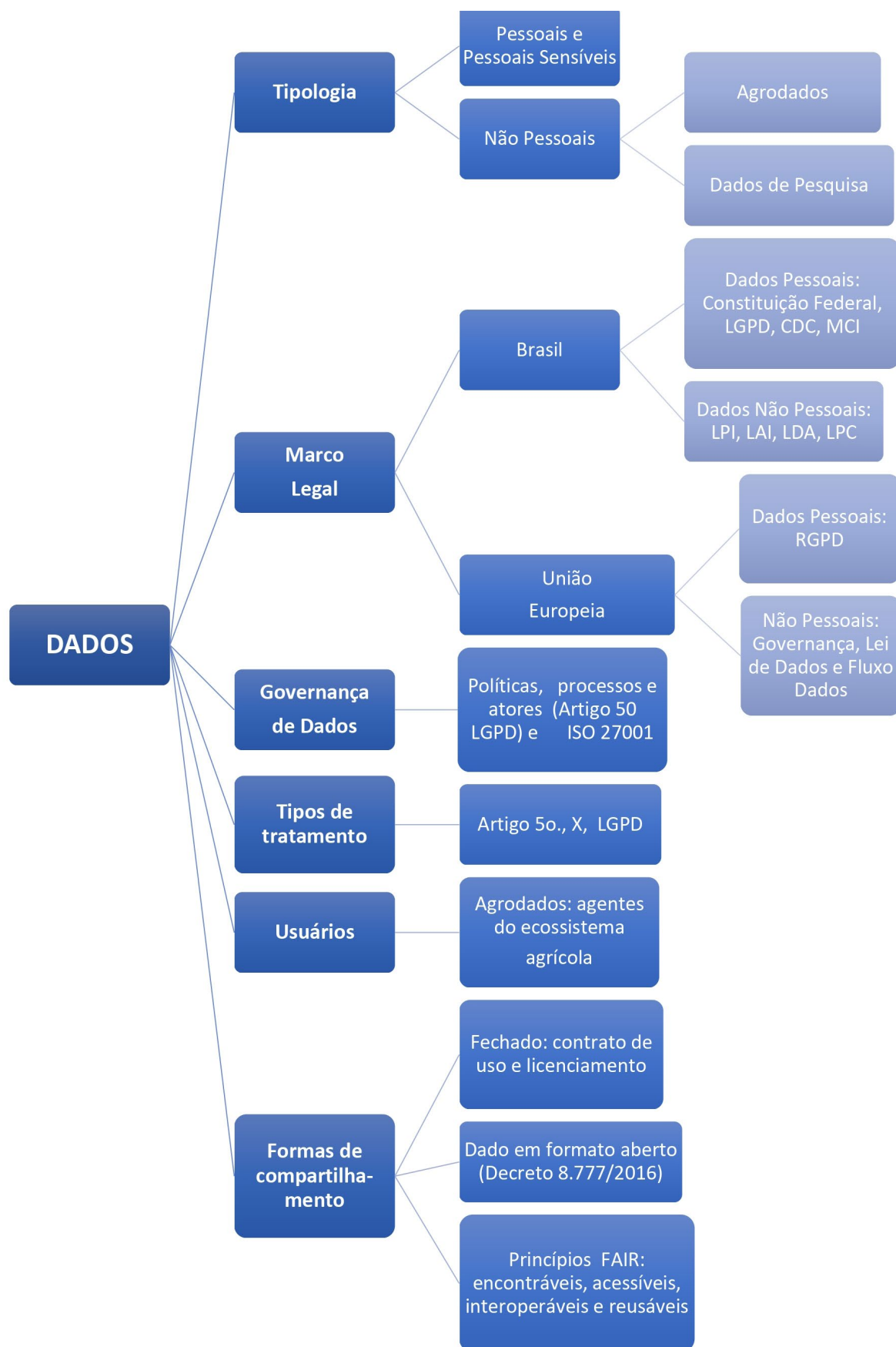


Figura 4.2. Elementos de dados: tipos, legislação, governança, tratamento, usuários e formas de compartilhamento.

Art. 3º Os procedimentos previstos nesta Lei destinam-se a assegurar o direito fundamental de acesso à informação e devem ser executados em conformidade com os princípios básicos da administração pública e com as seguintes diretrizes:

- I - observância da publicidade como preceito geral e do sigilo como exceção;
- II - divulgação de informações de interesse público, independentemente de solicitações;
- III - utilização de meios de comunicação viabilizados pela tecnologia da informação;
- IV - fomento ao desenvolvimento da cultura de transparência na administração pública;
- V - desenvolvimento do controle social da administração pública. (Brasil, 2011, p. 1, grifo nosso).

- A Lei das Estatais (Lei nº 13.303/2016), que em seu art. 8º determina alguns requisitos de transparência, inclusive a elaboração e divulgação de uma política de divulgação de informações:

Art. 8º As empresas públicas e as sociedades de economia mista deverão observar, no mínimo, os seguintes requisitos de transparência:

[...]

IV - elaboração e divulgação de política de divulgação de informações, em conformidade com a legislação em vigor e com as melhores práticas; [...] (Brasil, 2016f, p. 2).

- A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais e da Privacidade (LGPD - Lei nº 13.709/2018), publicada em 2018, que regula as atividades de tratamento de dados pessoais e que em seu art. 50, inciso I, determina a implementação de um programa de privacidade de dados.

Art. 50. Os controladores e operadores, no âmbito de suas competências, pelo tratamento de dados pessoais, individualmente ou por meio de associações, poderão formular regras de boas práticas e de governança que estabeleçam as condições de organização, o regime de funcionamento, os procedimentos, incluindo reclamações e petições de titulares, as normas de segurança, os padrões técnicos, as obrigações específicas para os diversos envolvidos no tratamento, as ações educativas, os mecanismos internos de supervisão e de mitigação de riscos e outros aspectos relacionados ao tratamento de dados pessoais.

[...]

I - implementar programa de governança em privacidade [...] (Brasil, 2018b, p. 63)

- E, finalmente, a Política Nacional de Segurança da Informação (PNSI) que foi aprovada pelo Decreto nº 9.637/20185, que tem a finalidade de assegurar

5 Alterada pelo Decreto nº 40.641/2021 (Brasil, 2021).

a disponibilidade, a integridade, a confidencialidade e a autenticidade da informação em âmbito nacional, determinando que:

Art. 15. Aos órgãos e às entidades da administração pública federal, em seu âmbito de atuação, compete:

[...]

II - elaborar sua política de segurança da informação e as normas internas de segurança da informação, observadas as normas de segurança da informação editadas pelo Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República;

[...] (Brasil, 2018a, p. 25, grifo nosso).

Além da questão da conformidade, há atualmente o modelo de inovação aberta no setor público, que atribui ao “gestor público apresentar soluções criativas e adotar estratégias que contemplem as demandas da sociedade e que sejam capazes de conectar governo, centros de pesquisa e setor produtivo, por meio de diálogo e colaboração em escala ampliada” (Mourão, 2021). Isso inclui o compartilhamento de dados, informações e conhecimento para o desenvolvimento colaborativo de soluções tecnológicas que impulsionem os desenvolvimentos social, econômico e estratégico da agropecuária.

Já no contexto de PD&I, o paradigma da e-Science (Appel, 2014) e o movimento global da ciência aberta (Albagli, 2015) incentivam o compartilhamento dos dados de pesquisas, sendo que no caso do movimento global há o entendimento que os dados de pesquisas financiadas - totalmente ou parcialmente - com recursos públicos devem permanecer como um bem público global, uma vez que a sociedade é a maior acionista desse ativo informacional. Na prática, pode-se observar que as agências nacionais e internacionais de fomento à pesquisa estabelecem como critério para a concessão de recursos o comprometimento dos pesquisadores com o gerenciamento e o arquivamento em repositórios digitais dos dados originados pelos projetos financiados, a fim de garantir a preservação de longo prazo e facilitar o compartilhamento. Enquanto as revistas científicas têm definido como pré-condição para publicação a documentação dos dados brutos em repositórios que fundamentam os artigos publicados.

Diante desse cenário, a Embrapa publicou, em 2019, a sua Política de Governança de Dados, Informação e Conhecimento que estabelece 17 princípios e nove diretrizes, os quais devem ser observados por todas as suas instâncias organizacionais e seus empregados (Embrapa, 2019). Além dessa política, pode-se incluir no arcabouço de normativos internos a norma Acesso e Tratamento da Informação, cuja elaboração

foi regida por pelo menos 15 dispositivos legais⁶ até então vigentes. Essa norma estabelece as regras gerais para o tratamento das informações públicas, restritas e sigilosas na Embrapa, com a finalidade de assegurar níveis adequados de acesso e proteção. Sendo aplicável a todas as Unidades Centrais e Descentralizadas da empresa (Embrapa, 2020).

Entre as diversas medidas adotadas a partir dessas normas internas, a Embrapa instituiu o Comitê de Governança de Dados, Informação e Conhecimento (CG-DIC) – que tem a função tática de assegurar a execução das melhores práticas de gestão de dados, informação e conhecimento na Empresa, inclusive na perspectiva da segurança da informação – e os Comitês Locais de Gestão Dados, Informação e Conhecimento (CL-DICs) – que têm a função operacional de atuar localmente, ou seja, em cada unidade descentralizada, em domínios e contextos específicos, planejando, executando, coordenando e controlando ações em apoio à governança de dados, da informação e do conhecimento (Embrapa, 2019).

Um outro passo importante da Embrapa foi o desenvolvimento e a implementação do Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa (Redape)⁷, uma ferramenta tecnológica que se juntou a outras já existentes e exitosas, como o Sistema de Informação de Experimentos da Embrapa (SIExp)⁸ desenvolvido para o planejamento, a condução e a preservação de dados de experimentos com delineamento estatístico; a plataforma GeoInfo⁹ que permite o armazenamento, organização, curadoria e disponibilização de dados espaciais; e a Plataforma Alelo¹⁰, que reúne sistemas e recursos de tecnologia da informação voltados à documentação e gestão de atividades de conservação de recursos genéticos animal, microbiano e vegetal de interesse da pesquisa, desenvolvimento e inovação agropecuária.

⁶ Os dispositivos legais utilizados na norma Acesso e Tratamento da Informação foram: Decreto nº 8.945, de 27 de dezembro de 2016; Decreto nº 8.789, de 29 de junho de 2016; Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016; Decreto nº 8.772, de 11 de maio de 2016; Decreto nº 8.638, de 15 de janeiro de 2016; Decreto nº 7.845, de 14 de novembro de 2012; Decreto nº 7.724, de 16 de maio de 2012; Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008; Decreto nº 6.029, de 1º de fevereiro de 2007; Decreto nº 4.073, de 3 de janeiro de 2002; Norma Complementar 20/IN01/DSIC/GSIPR, de 15 de dezembro de 2014; Norma Complementar nº 14/IN01/DSIC/GSIPR, de 13 de março de 2018; Resolução do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Secretaria de Tecnologia da Informação nº 3, de 13 de outubro de 2017; Instrução Normativa SLTI/MP nº 4, de 12 de abril de 2012; Instrução Normativa GSI nº 1, de 13 de junho de 2008 (Brasil, 2002, 2007, 2008a, 2008b, 2012a, 2012b, 2012d, 2014a, 2016a, 2016b, 2016c, 2016d, 2016e, 2017, 2018c).

⁷ Disponível em: <https://www.redape.dados.embrapa.br/>.

⁸ Disponível em: <https://www.siexp.cnptia.embrapa.br/siexp-mweb/>.

⁹ Disponível em: <https://geoinfo.cnps.embrapa.br/>.

¹⁰ Disponível em: <https://alelo.cenargen.embrapa.br/>.

Crédito de carbono, blockchain e governança de dados: desafios e perspectivas

Para além do desafio da governança de dados no âmbito da pesquisa pública agrícola, outro desafio de ordem técnica surge: a criação de uma rede de *blockchain* do Governo Federal brasileiro.

O Decreto nº 10.332/2020 institui a Estratégia de Governo Digital e, em seu Anexo, o Objetivo 8.3 refere-se à disponibilização de, pelo menos, nove conjuntos de dados por meio de soluções da tecnologia *blockchain* na administração pública federal até 2022 e o Objetivo 8.4 prevê a implementação de recursos para a criação de uma rede *blockchain* do governo federal interoperável, com identificação confiável (Brasil, 2020a).

Diante do exposto, nota-se um interesse da administração pública de gerir os seus dados por meio da tecnologia *blockchain*, a qual funciona como um livro-razão distribuído por determinada rede de computadores. A *blockchain* possui várias características que lhe colocam em posição de destaque quando se refere à proteção de dados, pois os dados das transações são organizados em blocos, encadeados sequencialmente, com um cabeçalho que contém metadados como número único que identifica o bloco, o horário da criação e o *hash* do bloco anterior; dificultando, portanto, o vazamento dos dados e a reidentificação dos sujeitos participantes das transações. A tecnologia *blockchain* possui como principal qualidade a segurança e a integridade dos dados armazenados, tornando-a uma importante ferramenta para a gestão dos agrodados.

O acórdão 1613/2020 do TCU/Plenário (Brasil, 2020b) apresentou um *framework* da tecnologia *blockchain* visando colaborar para a sua implementação no âmbito da administração pública, sendo que as principais características apontadas pelo TCU são: repositório compartilhado, baixo conflito de interesses, dependência de transações, rastreabilidade e procedência das informações e concordância das partes envolvidas na transação sobre os dados registrados no bloco.

Adicionalmente, cumpre-se mencionar que a Lei nº 14.590/2023, em seu art. 16, parágrafo 2º, estabelece que, salvo nas áreas ocupadas ou utilizadas por comunidades locais, o contrato de concessão poderá prever a transferência de titularidade dos créditos de carbono do poder concedente ao concessionário, durante o período de concessão, bem como o direito de comercialização de certificados representativos de créditos de carbono (Brasil, 2023a). Ao se combinar a tecnologia *blockchain* à certificação de créditos de carbono, torna-se possível o fracionamento

dos certificados por meio da tokenização e o oferecimento às pessoas de forma segura e transparente, pois inviabiliza, por exemplo, a venda do mesmo crédito de carbono mais de uma vez. Com a tokenização do crédito carbono, é possível rastrear as transações, tornando o mercado mais seguro.

Tendo em vista que o mercado de carbono no Brasil pode render US\$ 120 bilhões até 2030 caso tenha uma regulação efetiva (CNN Brasil, 2023), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) está desenvolvendo um projeto para regular a venda e compra de créditos carbono com o objetivo de organizar e centralizar tal mercado que, até o presente momento, não está otimizando o seu potencial por falta de regramento.

Conclusões

Realizar a gestão de dados agrícolas e sincronizar os papéis dos agentes que integram o ecossistema de governança de dados – para potencializar que mais tecnologias digitais cheguem ao campo e consolidem a digitalização da agricultura – é um desafio para instituições públicas de pesquisa agrícola *data driven*, como a Embrapa, que são orientadas a dados.

Prover um ambiente colaborativo, de compartilhamento de dados, com segurança jurídica e observância aos direitos de proteção e privacidade de dados é o principal objetivo do ecossistema de governança de dados, de forma a possibilitar o cumprimento da missão institucional de todos os atores, órgãos e instituições que o integram. Para tanto, faz-se necessário adotar mecanismos coordenados para fomentar as interações intraorganizacionais e interorganizacionais, com observância dos requisitos ético, de segurança da informação, interoperabilidade e adoção de boas práticas de tratamento, proteção e privacidade de dados.

A governança de dados de pesquisa significa, em termo práticos, o fortalecimento da segurança de seus ativos informacionais, aumento da eficiência organizacional a partir da melhoria do processo de gestão dos dados, melhoria na tomada de decisão, no alcance de seus objetivos estratégicos e nos processos de formulação e implementação de políticas públicas para o agro brasileiro, fomento à inovação e, finalmente, redução de riscos nos vários momentos e aspectos do tratamento de dados.

No que diz respeito à tecnologia *blockchain*, entende-se que sua adoção possui diversas vantagens para a gestão dos agrodados, pois garante a segurança e a

transparência das transações, permitindo o intercâmbio de dados de forma mais efetiva. Adicionalmente, deve-se lembrar que a tokenização de créditos de carbono em áreas de recuperação resultantes de acordos de compensação ambiental permitirá a comercialização dos créditos de carbono de forma facilitada e confiável, permitindo a exploração de seu potencial econômico no Brasil mediante a regulação de tal mercado de forma clara e voltada à organização das transações.

A criação de regramentos para uso, tratamento e compartilhamento de dados, no contexto do ecossistema de governança de dados, de forma equitativa para todos os atores que o integram, é fator primordial para o avanço da pesquisa pública agrícola intensamente baseada em dados.

Referências

ALBAGLI, S. Ciência aberta em questão. In: ALBAGLI, S.; MACIEL, M. L.; ABDO, A. H. (org.). **Ciência aberta, questões abertas**. Brasília, DF: IBICT; Rio de Janeiro: UNIRIO, 2015. cap. 1, p. 9-25.

APPEL, A. L. **A e-science e as atuais práticas de pesquisa científica**. 2014. 88 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Escola de Comunicação, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Quem somos**. 2023. Disponível em: <https://abnt.org.br/institucional/>. Acesso em: 28 maio 2024.

BERTIN, P. R. B.; FORTALEZA, J. M.; SILVA, A. C. da; OKAWACHI, M. F.; CARDOSO, M. de O. A Política de Governança de Dados, Informação e Conhecimento da Embrapa como mecanismo para a gestão de dados de pesquisa agropecuários. **Liinc em Revista**, v. 15, n. 2, p. 194-204, nov. 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122273>. Acesso em: 2 abr. 2024.

BRASIL. Decreto nº 4.073, de 3 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a política nacional de arquivos públicos e privados. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 139, n. 3, p. 1-3, 4 jan. 2002.

BRASIL. Decreto nº 4.829, de 03 de setembro de 2003. Dispõe sobre a criação do Comitê Gestor da Internet no Brasil - CGIbr, sobre o modelo de governança da Internet no Brasil, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 140, n. 171, p. 24, 4 set. 2003.

BRASIL. Decreto nº 6.029, de 1º de fevereiro de 2007. Institui Sistema de Gestão da Ética do Poder Executivo Federal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 144, n. 24, p. 2-3, 2 fev. 2007.

BRASIL. Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 145, n. 232, p. 57, 28 nov. 2008a.

BRASIL. Decreto nº 7.724, de 16 de maio de 2012. Regulamenta a Lei no 12.527, de 18 de novembro de 2011, que dispõe sobre o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do caput do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 94-A, p. 1-5, 16 maio 2012a.

BRASIL. Decreto nº 7.738, de 28 de maio de 2012. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão do Conselho Administrativo de Defesa Econômica - CADE; remaneja cargos em comissão e funções de confiança; altera os Decretos nº 6.061, de 15 de março de 2007, nº 2.181, de 20 de março de 1997, e nº 1.306, de 9 de novembro de 1994. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 149, n. 103, p. 1-7, 29 maio 2012b.

BRASIL. Decreto nº 7.845, de 14 de novembro de 2012. Regulamenta procedimentos para credenciamento de segurança e tratamento de informação classificada em qualquer grau de sigilo, e dispõe sobre o Núcleo de Segurança e Credenciamento. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 149, n. 221, p. 1-4, 16 nov. 2012c.

BRASIL. Decreto nº 8.638, de 15 de janeiro de 2016. Institui a Política de Governança Digital no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 153, n. 11, p. 2-3, 18 jan. 2016a.

BRASIL. Decreto nº 8.772, de 11 de maio de 2016. Regulamenta a Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 153, n. 90, p. 3, 12 maio 2016b.

BRASIL. Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016. Institui a Política de Dados Abertos do Poder Executivo federal. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 153, n. 90, p. 21-22, 12 maio 2016c.

BRASIL. Decreto nº 8.789, de 29 de junho de 2016. Dispõe sobre o compartilhamento de bases de dados na administração pública federal. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 153, n. 124, p. 2-3, 30 jun. 2016d.

BRASIL. Decreto nº 8.945, de 27 de dezembro de 2016. Regulamenta, no âmbito da União, a Lei no 13.303, de 30 de junho de 2016, que dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 153, n. 249, p. 16-22, 28 dez. 2016e.

BRASIL. Decreto nº 9.637, de 26 de dezembro de 2018. Revoga o Decreto nº 38.893, de 14 de março de 1956, que aprova o Regulamento do Museu Histórico e Diplomático do Itamaraty. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 155, n. 248, p. 23-25, 27 dez. 2018a.

BRASIL. Decreto nº 10.332, de 28 de abril de 2020. Institui a Estratégia de Governo Digital para o período de 2020 a 2022, no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 158, n. 81, p. 6-8, 29 abr. 2020a.

BRASIL. Decreto nº 11.194, de 8 de setembro de 2022. Aprova o Estatuto e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA e remaneja e transforma cargos em comissão e funções de confiança. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 160, n. 172, p. 7, 9 set. 2022.

BRASIL. Decreto nº 40.641, de 2 de março de 2021. Altera o Decreto nº 9.637, de 26 de dezembro de 2018, que institui a Política Nacional de Segurança da Informação, dispõe sobre a governança da segurança da informação, e altera o Decreto nº 2.295, de 4 de agosto de 1997, que regulamenta o disposto no art. 24, *caput*, inciso IX, da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e dispõe sobre a dispensa de licitação nos casos que possam comprometer a segurança nacional. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 159, n. 41, p. 1, 3 mar. 2021.

BRASIL. Decreto nº 66.624, de 22 de maio de 1970. Dispõe sobre a Fundação Instituto Oswaldo Cruz. **Diário Oficial da União**: seção I, p. 3904, 25 maio 1970. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D66624.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 68.532, de 22 de abril de 1971. Extingue o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE) e cria o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). **Diário Oficial da União**: seção I, p. 3019, 23 abr. 1971. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-68532-22-abril-1971-410268-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 93.277, de 19 de setembro de 1986. Institui a Escola Nacional de Administração Pública – ENAP e o Centro de Desenvolvimento da Administração Pública – CEDAM, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, p. 14291, 22 set. 1986. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/1985-1987/d93277.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 99.350, de 27 de junho de 1990. Cria o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) define sua estrutura básica e o Quadro Distributivo de Cargos e Funções do Grupo Direção e Assessoramento Superiores de suas Unidades Centrais e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, p. 12448, 28 jun. 1990a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99350.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Decreto-lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967. Dispõe sobre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, p. 4, 27 fev. 1967. Suplemento. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Decreto-lei nº 7.103, de 30 de novembro de 1944. Concede auxílio à Associação Brasileira de Normas Técnicas, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, p. 20329, 2 dez. 1944. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-7103-30-novembro-1944-389563-normaatualizada-pe.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 4.516, de 1º de dezembro de 1964. Cria o Serviço Federal de Processamento de Dados, vinculado ao Ministério da Fazenda. **Diário Oficial da União**: seção I, p. 11083, 4 dez. 1964. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4516-1-dezembro-1964-377653-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 5.851, de 1972, de 7 de dezembro de 1972. Autoriza o Poder Executivo a instituir empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, 7 dez. 1972. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=5851&ano=1972&ato=049IzQ5UNjRVT434>. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 8.029, de 12 de abril de 1990. Dispõe sobre a extinção e dissolução de entidades da Administração Pública Federal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, p. 7101, 13 abr. 1990b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8029cons.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 129, n. 13, p. 1330, 18 jan. 1991.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 134, n. 93, p. 8353-8366, 15 maio 1996a.

BRASIL. Lei nº 9.609, de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programa de computador. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 136, n. 36, p. 1-3, 20 fev. 1998a.

BRASIL. Lei nº 9.610, de 19 fevereiro de 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 136, n. 36, p. 3-9, 20 fev. 1998b.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 141, n. 232, p. 2-4, 3 dez. 2004.

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 148, n. 221-A, p. 1-4, 18 nov. 2011.

BRASIL. Lei nº 13.303, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 153, n. 125, p. 1-10, 1 jul. 2016f.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 155, n. 157, p. 59-65, 15 ago. 2018b.

BRASIL. Lei nº 14.590, de 24 de maio de 2023. Altera a Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006, que dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, a Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007, que dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, e a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, que cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 161, n. 99, p. 1-3, 25 maio 2023a.

BRASIL. Lei nº 14.600, de 19 de junho de 2023. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios; altera as Leis nºs 9.984, de 17 de julho de 2000, 9.433, de 8 de janeiro de 1997, 8.001, de 13 de março de 1990, 14.204, de 16 de setembro de 2021, 11.445, de 5 de janeiro de 2007, 13.334, de 13 de setembro de 2016, 12.897, de 18 de dezembro de 2013, 8.745, de 9 de dezembro de 1993, 9.069, de 29 de junho de 1995, e 10.668, de 14 de maio de 2003; e revoga dispositivos das Leis nºs 13.844, de 18 de junho de 2019, 13.901, de 11 de novembro de 2019, 14.261, de 16 de dezembro de 2021, e as Leis nºs 8.028, de 12 de abril de 1990, e 14.074, de 14 de outubro de 2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 161, n. 115, p. 7-13, 20 jun. 2023b.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria n° 193, de 7 de agosto de 1992. [Instituir o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária - SNPA, sob a coordenação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA]. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 130, n. 152, p. 10855, 10 ago. 1992.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **MCTI, INPE e Embrapa integrarão dados sobre segurança alimentar na plataforma AdaptaBrasil**. 13 fev. 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/02/mcti-inpe-e-embrapa-integracao-dados-sobre-seguranca-alimentar-na-plataforma-adaptabrasil>. Acesso em: 21 set. 2023c.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Receita Federal. **Competências da Receita Federal**. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/competencias-1>. Acesso em: 2 out. 2023d.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Receita Federal. **Institucional – Receita Federal**. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/aceso-a-informacao/institucional>. Acesso em: 2 out. 2023e.

BRASIL. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. **Secretaria de Governo Digital (SGD)**. Disponível em: <https://www.gov.br/gestao/pt-br/composicao/secretaria-de-governo-digital>. Acesso em: 13 set. 2023f.

BRASIL. Ministério da Justiça. Decreto s/n° de 21 de junho de 1994. Cria a Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 132, n. 117, p. 9096-9097, 22 jun. 1994.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Consumidor**. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/seus-direitos/consumidor>. Acesso em: 2 out. 2023g.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Instituto Nacional de Seguro Social - INSS. **Institucional**. Brasília, DF, 2023h. Disponível em: <https://www.gov.br/inss/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/institucional>. Acesso em: 2 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Portaria n° de 61, de 17 de julho de 1996. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 134, n. 138, p. 13314-13315, 18 jul. 1996b.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. Instrução Normativa n° 4, de 12 de abril de 2012. Institui a Infraestrutura Nacional de Dados Abertos - INDA. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 149, n. 72, p. 67-88, 13 abr. 2012d.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Secretaria de Tecnologia da Informação e Comunicação. Comitê Gestor da Infraestrutura Nacional de Dados Abertos. Resolução do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Secretaria de Tecnologia da Informação n° 3, de 13 de outubro de 2017. Aprova as normas sobre elaboração e publicação de Planos de Dados Abertos, conforme disposto no Decreto n° 8.777, de 11 de maio de 2016. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 154, n. 199, p. 54-55, 17 out. 2017.

BRASIL. Presidência da República. Conselho de Defesa Nacional. Secretaria Executiva. Instrução Normativa GSI n° 1, de 13 de junho de 2008. Disciplina a Gestão de Segurança da Informação e

Comunicações na Administração Pública Federal, direta e indireta, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção I, ano 145, n. 115, p. 6-7, 18 jun. 2008b.

BRASIL. Presidência da República. Controladoria Geral da União. **Histórico**. Disponível em: <https://www.gov.br/cgu/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/historico>. Acesso em: 21 set. 2023i.

BRASIL. Presidência da República. Departamento de Segurança da Informação e Comunicações. Norma Complementar nº 14/IN01/DSIC/GSIPR, de 13 de março de 2018. [Estabelece princípios, diretrizes e responsabilidades relacionados à segurança da informação para o tratamento da informação em ambiente de computação em nuvem]. 2018c. 6 p. Disponível em: https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/42764/12/Norma%20Complementar_14_R01_%20Seguranca%20da%20Informacao%20-Nuvem.pdf. Acesso em: 5 jun. 2024.

BRASIL. Presidência da República. Departamento de Segurança da Informação e Comunicações. Norma Complementar 20/IN01/DSIC/GSIPR, de 15 de dezembro de 2014. [Estabelece diretrizes de segurança da informação e comunicações para instituição do processo de tratamento da informação nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal]. 2014a. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Norma-Complementar-n%C2%BA-20IN01DSICGSIPR.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2024.

BRASIL. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto nº 10.046, de 9 de outubro de 2019. Dispõe sobre a governança no compartilhamento de dados no âmbito da administração pública federal e institui o Cadastro Base do Cidadão e o Comitê Central de Governança de Dados. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 157, n. 197, p. 2-6, 10 out. 2019.

BRASIL. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 13.019, de 31 de julho de 2014. Estabelece o regime jurídico das parcerias entre a administração pública e as organizações da sociedade civil, em regime de mútua cooperação, para a consecução de finalidades de interesse público e recíproco, mediante a execução de atividades ou de projetos previamente estabelecidos em planos de trabalho inseridos em termos de colaboração, em termos de fomento ou em acordos de cooperação; define diretrizes para a política de fomento, de colaboração e de cooperação com organizações da sociedade civil; e altera as Leis nºs 8.429, de 2 de junho de 1992, e 9.790, de 23 de março de 1999. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 151, n. 146, p. 1-8, 1 ago. 2014b.

BRASIL. Tribunal de Contas da União (Plenário). Acórdão 1613/2020. Processo 031.044/2019-0. Levantamento com o objetivo de identificar áreas de aplicação de blockchain e de livros-razão distribuídos (Distributed Ledger Technology - DLT) no setor público, seus principais riscos e fatores críticos de sucesso, além dos desafios para o controle. Relator Aroldo Cedraz. 2020b. Disponível em: https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/documento/acordao-completo/*/KEY:ACORDAO-COMPLETO-2406748/NUMACORDAOINT%20asc/0. Acesso em: 3 jun. 2024.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Institucional**. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/institucional/conheca-o-tcu/>. Acesso em: 21 set. 2023j.

CERQUEIRA, N. L.; AGUIAR, F. A. R. de; CERQUEIRA, T. G. de O. (org.) **Cartilha de governança de dados**: poder executivo federal: volume II: ecossistema de dados do poder executivo federal. Brasília, DF: Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos, [2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/governanca-de-dados/cartilha-de-governanca-de-dados-ecossistema-de-dados.pdf>. Acesso em: 13 set. 2023a.

CNN BRASIL. **Com potencial de US\$ 120 bilhões, CCEE prepara regulação do mercado de carbono no Brasil**. 19 jul. 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/com-potencial-de-us-120-bilhoes-ccee-prepara-regulacao-do-mercado-de-carbono-no-brasil/>. Acesso em: 2 out. 2023.

COALIZÃO DIREITOS NA REDE. **Quem somos – Coalizão Direitos na Rede**. 13 jul. 2016. Disponível em: <https://direitosnarede.org.br/quem-somos/>. Acesso em: 2 out. 2023.

COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA. **Concar**. Disponível em: https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/777/35?locale=pt_BR. Acesso em: 28 maio 2024.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **Atribuições**. 2024. Disponível em: <https://www.cgi.br/atribuicoes/>. Acesso em: 28 maio 2024.

EMBRAPA. Deliberação nº 8, de 31 de março de 2020. [Aprova a anexa Norma nº 037.005.001.016, intitulada “Acesso e Tratamento da Informação”]. **Boletim de Comunicações Administrativas**, ano 46, n. 23, 7 maio 2020.

EMBRAPA. **Embrapa Agricultura Digital: missão, visão e valores**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agricultura-digital/missao-visao-valores>. Acesso em: 19 jul. 2023.

EMBRAPA. Resolução Consad nº 184, de 4 de abril de 2019. Política de Governança de Dados, Informação e Conhecimento da Embrapa. **Boletim de Comunicações Administrativas**, ano 45, n. 16, p. 1-19, 5 abr. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/politica-de-governanca-de-dados-informacao-e-conhecimento>. Acesso em: 15 ago. 2023.

LEÃO, P. D.; CASTOSSO JUNIOR, U.; NASCIMENTO, N. T. A.; PASSOS, R. M.; ARENAS, M. V. dos S. Governança de dados na administração pública: um levantamento bibliométrico. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 28072-28087, Apr. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n4-347>.

LIS, D.; OTTO, B. Towards a taxonomy of ecosystem data governance. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 54., 2021, Maui. **Proceedings** [...]. Honolulu: University of Hawai, 2021. p. 6067-6076. DOI: <http://dx.doi.org/10.24251/HICSS.2021.733>.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; MENDES, C. I. C. Agricultura Digital: tendências, oportunidades e desafios. In: GIACOBBO, D. G.; FROTA, L. M. (coord.). **AGRO: o papel do agronegócio brasileiro nas novas relações econômicas mundiais**. Rio de Janeiro: Editora Synergia, 2021. cap. 6, p. 86-107.

MENDES, C. I. C.; MARANHÃO, J. de S. de A.; BERTIN, P. R. B.; MONDO, V. H. V.; PIRES, F. C. Governança de dados para a pesquisa agrícola: segurança jurídica e autorregulação. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 40, e27209, Jan./Dec. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2023.v40.27209>.

MOURÃO, C. M. **Gov.br/desafios: instrumentos jurídicos para inovação aberta**. [Brasília, DF]: Enap, Laboratório de Inovação em Governo, 2021. 115 p. (Coleção Inovação na Prática). Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/7054/1/instrumentos%20jur%C3%ADdicos%20para%20inova%C3%A7%C3%A3o%20aberta%20-%20ebook.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

NARDES, a. **Relatório de auditoria**. 2022. Acórdão 1384/2022 – PLENÁRIO, Processo 039.606/2020-1. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/documento/acordao-completo/1384%252F2022/%2520/DTRELEVANCIA%2520desc%252C%2520NUMACORDAOINT%2520desc/0/%2520>. Acesso em: 21 set. 2023.

SÃO PAULO (Estado). Decreto 6.283, de 25 de janeiro de 1934. Cria a Universidade de São Paulo e dá outras providências. 1934. **Diário do Oficial do Estado de São Paulo (E. U. do Brasil)**, ano 44, n. 101, p. 1-3, 10 maio 1934.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 52.255, de 30 de julho de 1969. Baixa os Estatutos da Universidade Estadual de Campinas e dá outras providências. 1969. **Diário do Oficial [do] Estado de São Paulo (Estados Unidos do Brasil)**, ano 79, n. 143, p. 5-10, 31 jul. 1969.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 7.655, de 28 de dezembro de 1962. Dispõe sobre a criação da Universidade de Campinas como entidade autárquica e dá outras providências. **Diário do Oficial [do] Estado de São Paulo (Estados Unidos do Brasil)**, ano 72, n. 284, p. 2, 29 dez. 1962.

SÃO PAULO (Estado). **Resolução 3461, de 7 de outubro de 1988**. [Aprova o Estatuto da Universidade de São Paulo]. 1988. Disponível em: <https://leginf.usp.br/?resolucao=resolucao-no-3461-de-7-deoutubro-de-1988#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%3A,1%C2%BA%20de%20novembro%20de%201988..> Acesso em: 3 jun. 2024.

SERPRO. **Competências**. Disponível em: <https://www.transparencia.serpro.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/competencias>. Acesso em: 2 out. 2023a.

SERPRO. **Soluções**. Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/menu/nosso-portfolio>. Acesso em: 2 out. 2023b.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (EU) 2018/1807 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de novembro de 2018. Relativo a um regime para o livre fluxo de dados não pessoais na União Europeia. **Jornal Oficial da União Europeia**, p. L 303/59-L 303/68, 28 nov. 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1807&from=El>. Acesso em: 13 jun. 2023.

capítulo

5

Perspectivas dos agrodados e da digitalização da agricultura

Jayme Garcia Arnal Barbedo
Luciana Alvim Santos Romani
Debora Pignatari Drucker
Carla Geovana do Nascimento Macário

Introdução

Com a crescente demanda por alimentos e por uma produção social e ambientalmente mais sustentável, cresce também a demanda por soluções tecnológicas capazes de resolver os muitos desafios envolvidos nessa empreitada. Com o grande avanço observado na inteligência artificial na última década, tornou-se viável vencer muitos desses desafios. Porém, para que modelos de inteligência artificial funcionem adequadamente, eles precisam ser treinados com dados confiáveis de boa qualidade que representem adequadamente o problema que se deseja resolver. Esse é certamente o maior desafio para tornar tais tecnologias uma realidade, não apenas porque a quantidade de dados necessária normalmente é muito grande, mas também porque o ambiente agrícola é frequentemente de difícil acesso e sujeito a intempéries e a outros fenômenos ambientais adversos.

Este capítulo tem como objetivo explorar as perspectivas para a coleta e a utilização dos dados agrícolas, sendo dividido em duas partes. A primeira parte explora como será realizada a governança dos dados no âmbito do Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital (CCD-AD/Semear Digital). Esse Centro é uma iniciativa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), cujo objetivo principal é atuar em pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologias emergentes visando, principalmente, à inclusão digital de pequenos e médios produtores rurais de modo a ter ganhos de produtividade e de competitividade, maior impacto econômico em termos de aumento de escala, redução de custos e melhoria na eficiência da produção agrícola nos diversos elos das cadeias produtivas, de maneira sustentável, tanto do ponto de vista econômico, quanto ambiental e social. O CCD-AD/Semear Digital desenvolverá suas atividades em dez áreas distribuídas por todas as regiões do Brasil, denominadas Distritos Agrotecnológicos (DATs), e para que a coleta, a gestão e a utilização dos dados sejam realizadas de maneira adequada, protocolos precisarão ser definidos e implantados. A segunda é dedicada aos desafios, potenciais tendências e oportunidades relacionados aos dados agrícolas, abordando questões como sensores utilizados para coleta dos dados, técnicas para extração de informação relevante, barreiras para a obtenção dos dados e possíveis soluções para os problemas que ainda dificultam a digitalização no campo.

Governança de dados agrícolas no âmbito do Centro de Ciência para o desenvolvimento em agricultura digital

A Fapesp foi a primeira agência de fomento à pesquisa nacional a estabelecer diretrizes quanto ao adequado tratamento dos dados gerados em projetos por ela financiados. A exigência de planos de gestão de dados acompanhando as submissões de propostas passou a ser feita em todos os programas e linhas de financiamento, da mesma forma que é praticada pelas principais agências de fomento internacionais, desde o início dos anos 2010. Em linhas gerais, planos de gestão de dados descrevem os dados que serão gerados pelo projeto, seu volume, formato, estrutura, como serão obtidos ou produzidos. Também descrevem quais as estratégias para o armazenamento e a preservação dos dados ao longo do tempo, regras e restrições para controle e acesso, dentre outros aspectos, sendo ferramentas valiosas para orientar a governança de dados. Há orientações mais específicas para propostas de Centros, como é o caso do CCD-AD/Semear Digital, os quais devem seguir as “Diretrizes para Planos de Gestão de Dados para Propostas de Centros da Fapesp” (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2021).

A exigência de elaboração desse documento auxiliou a equipe envolvida com a proposta a prever, desde o início, algumas questões-chave que orientam a governança dos dados do Centro. Primeiramente, foi preciso descrever resumidamente os dados a serem produzidos e gerenciados pelo CCD-AD. A Agricultura Digital é multi e interdisciplinar e, conseqüentemente, o CCD-AD gera dados de diferentes áreas relevantes para desenvolvimento agrícola, tais como clima, geotecnologias, mercado, distribuição e logística. Tais dados são utilizados para gerar conhecimentos aplicados em todos os elos da cadeia produtiva, desde a pré-produção, passando pela produção até a fase de pós-produção. São gerados dados numéricos, textuais, imagens coloridas RGB e multiespectrais, muitos deles georreferenciados, a partir de diferentes dispositivos, como sensores meteorológicos e ambientais, câmeras, aeronaves e robôs, sensores remotos e celulares. Há também a compilação de dados preexistentes, em especial nas áreas dos DATs. Será priorizado o uso de formatos de dados abertos e interoperáveis, seguindo os princípios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*) (Wilkinson et al., 2016), incluindo os casos de restrições comerciais e da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

Em relação à gestão dos dados, eles serão preservados nos repositórios institucionais da Embrapa e de parceiros, acompanhados de metadados que os

descrevem. Os repositórios institucionais implementam padrões de dados e de metadados de acordo com o domínio de conhecimento e contam com mecanismos de restrição de acesso sempre que necessário. Também contam com mecanismos de backup regulares e uma cópia adicional dos dados será guardada com o coordenador do projeto. Os scripts analíticos em linguagem de programação R, Python e outros, bem como softwares gerados no contexto do Centro, serão também preservados e documentados de acordo com as melhores práticas preconizadas globalmente. Na área de aprendizado de máquina, é adotada a proposta de Gebru et al. (2018), respondendo a questões como “por que o conjunto de dados foi criado?”, “qual pré-processamento foi feito?” ou “o conjunto de dados será atualizado, e com qual frequência?”.

O Redape – Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa¹, implementa grande parte dos princípios FAIR, como a atribuição de um identificador globalmente único e persistente aos conjuntos de dados; o registro e indexação de dados e metadados em um recurso pesquisável; os dados e metadados são acompanhados de uma licença de uso de dados clara e acessível; e os dados e metadados atendem aos padrões da comunidade que são relevantes para cada domínio, viabilizando o seu reuso. Considerando que os produtos de dados gerados ou adquiridos pelo Centro deverão ser diversos, podendo abranger levantamentos de campo (nato-digitais ou não), modelos, algoritmos, gráficos, mapas, vídeos, planilhas, gravações de áudio, entre outros, em que diferentes padrões de metadados e vocabulários controlados poderão ser utilizados para representar as informações geradas.

O compartilhamento dos dados respeita, quando aplicável, a Política de Dados, Informação e Conhecimento da Embrapa (Embrapa, 2019), que estabelece diretrizes para restrição de acesso por motivos de propriedade intelectual, privacidade de dados e outros previstos por lei, bem como período de embargo para projetos em andamento. Os conjuntos de dados publicados são acompanhados por licenças de uso, de acordo com as diretrizes institucionais, e seu impacto na comunidade será monitorado de acordo com os indicadores estabelecidos institucionalmente. As regulamentações das instituições parceiras são também respeitadas. Em relação às restrições éticas, de confidencialidade e legais, dados gerados em parceria com instituições privadas podem ser protegidos. Dados que envolvam entrevistas com pessoas ou levantamentos de propriedades rurais são obtidos sob termos de consentimento e de acordo com a LGPD. Dados obtidos por meio de aplicativos

¹ Disponível em: www.embrapa.br/redape.

móveis que envolvam informações pessoais e confidenciais, como, por exemplo, transações financeiras, não serão passíveis de acesso, exceto no caso de dados anonimizados, isto é, agregados espacial e temporalmente.

Esse conjunto de definições auxiliam a governança dos dados de forma a assegurar sua integração, uso e reúso para atender de forma confiável e transparente aos desafios do CCD-AD e da sociedade como um todo.

Tendências, desafios e oportunidades

A revolução que vem sendo observada com a evolução das tecnologias baseadas em inteligência artificial é, em grande parte, devida à enorme quantidade de dados que vem sendo gerada em diferentes contextos e circunstâncias. A internet, em particular, tornou possível a coleta de dados em quantidades nunca antes vistas, especialmente pelo uso de ferramentas de buscas e redes sociais (Knoke; Yang, 2008). Com o advento dos algoritmos de aprendizado profundo no início da década de 2010, a análise de dados e extração de informação se tornou muito mais eficiente, levando ao surgimento de tecnologias com um amplo espectro de aplicações (Deng; Yu, 2014). No caso da agricultura, embora se fale muito no potencial da inteligência artificial e haja muita atividade acadêmica no assunto, o número de tecnologias deste tipo sendo utilizadas na prática ainda é relativamente pequeno (Barbedo, 2022b).

O que ocorre é que o ambiente agrícola possui peculiaridades normalmente não encontradas em outras circunstâncias. Em primeiro lugar, o campo é um ambiente não-controlado e não-estruturado, fazendo com que haja uma variedade muito grande de condições relacionadas a fatores como iluminação, clima, características do solo, cultivares, estágio de desenvolvimento das plantas, relevo, entre muitas outras. Para que uma base de dados represente adequadamente um determinado problema, todas essas condições precisam estar contempladas. Isto é particularmente verdadeiro no caso de imagens, porque em geral os modelos de inteligência artificial não são muito acurados ao analisar imagens com características diferentes daquelas utilizadas no seu treinamento (Barbedo, 2018). Como resultado, bases realmente representativas devem conter uma quantidade elevada de dados confiáveis coletados em uma grande variedade de locais e condições. Este já seria um desafio em ambientes controlados e estruturados, mas se torna particularmente complexo em um ambiente que frequentemente é de difícil acesso, com conectividade limitada, sujeito a intempéries e com terreno acidentado (Barbedo, 2022b). A maior parte das

tendências relacionadas a dados agrícolas observadas atualmente visa superar algumas das barreiras ou mitigar seus efeitos. A seguir são apresentadas algumas das principais tendências observadas atualmente:

- A quantidade de sensores móveis e fixos no campo vem aumentando continuamente, e essa tendência deve continuar. Há vários fatores que contribuem para isso, incluindo o crescente número de produtores dispostos a utilizar essas tecnologias, miniaturização e barateamento dos equipamentos, evolução das tecnologias de conectividade para transmissão dos dados, surgimento de sistemas de proteção a intempéries mais eficientes, entre outros. Além disso, a coleta de imagens se tornou muito mais viável com a popularização de celulares equipados com câmeras digitais de boa qualidade, bem como com o aumento no uso de veículos aéreos não tripulados, também conhecidos como drones.
- Sensores embarcados em maquinário agrícola vêm se tornando cada vez mais comuns, sendo esta uma fonte valiosa de diferentes tipos de dados. Sensores embarcados têm a vantagem de coletar dados de maneira autônoma e sem afetar a operação normal da fazenda, e como máquinas agrícolas normalmente percorrem toda a propriedade poucas áreas ficam sem cobertura. Além disso, sensores acoplados a modelos de inteligência artificial e atuadores já vêm sendo usados, por exemplo, para detectar ervas daninhas e eliminá-las em tempo real, sem qualquer intervenção humana (Wu et al., 2021).
- Em muitos casos, é possível processar os dados à medida que eles vão sendo coletados, sendo armazenada somente a informação útil a ser usada na tomada de decisões. Esse tipo de abordagem, chamado de computação de borda (Satyanarayanan, 2017), vem sendo utilizada cada vez com mais frequência por reduzir substancialmente a quantidade de dados a ser armazenada, além de exigir níveis de conectividade muito mais básicos e baratos. Este tipo de abordagem se tornou viável após o surgimento de computadores miniaturizados de custo baixo e com alta capacidade de processamento, como o Raspberry Pi e o BeagleBoard.
- Alguns problemas agrícolas são tão complexos que uma única fonte de dados pode não ser suficiente para a geração de modelos ou tecnologias eficazes, mesmo que os dados cubram toda a variabilidade associada ao problema. Nesses casos, pode ser necessário combinar diferentes tipos de dados em uma única solução empregando uma abordagem mais sistêmica. Esse tipo de estratégia, chamada fusão de dados, vem sendo utilizada há bastante tempo no contexto do sensoriamento remoto, mas vem também rapidamente ganhando espaço em outros contextos agrícolas (Barbedo,

2022a). Existem diversas técnicas específicas para esse fim, sendo que a melhor abordagem depende da natureza dos dados que se pretende combinar. Dentre os dados que vêm sendo combinados, pode-se destacar diferentes imagens com dados meteorológicos, bem como diferentes tipos de imagens.

- Como comentado anteriormente, técnicas de aprendizado profundo vêm sendo largamente utilizadas em uma variedade de aplicações, tanto na agricultura quanto em outros setores. À medida que as arquiteturas de redes profundas evoluem, essa tendência tende a se intensificar ainda mais, sendo particularmente forte no caso de imagens digitais, uma vez que os modelos de aprendizado profundo extraem informação relevante diretamente a partir das imagens, sem a necessidade de se extrair parâmetros e atributos específicos para cada fim (Barbedo, 2022b).

Para que essas tendências levem mesmo a avanços significativos, alguns desafios precisam ser vencidos. Modelos computacionais em geral necessitam de uma quantidade considerável de dados para funcionar corretamente. Quanto maior a variabilidade associada ao problema, mais amostras confiáveis são necessárias. Isso é particularmente ruim no caso de aplicações agrícolas, porque o número de fatores que introduzem variabilidade é muito grande (Barbedo, 2018). Não há soluções simples para o problema, mas algumas alternativas vêm sendo aplicadas. O compartilhamento de dados vem sendo amplamente incentivado por agências de fomento e periódicos científicos, o que pode não apenas aumentar a quantidade de dados disponível, mas também aumentar a variabilidade desses dados uma vez que provavelmente foram capturados em diferentes localizações geográficas. É importante, porém, que tais dados sejam compartilhados seguindo os princípios FAIR atendendo a padrões de encontrabilidade, acessibilidade, interoperabilidade e reusabilidade.

Outra maneira de aumentar tanto a qualidade quanto a variedade dos dados é envolver indivíduos fora da comunidade científica nos esforços de construção das bases de dados, usando os princípios da ciência cidadã (Irwin, 2002; Silvertown, 2009) ou *crowdsourcing*. Há muitos incentivos que podem ser aplicados a fim de engajar as pessoas, incluindo mecanismos de recompensas extensivamente usados em redes sociais.

Alguns sensores que vêm sendo aplicados na agricultura geram uma quantidade muito grande de dados. Câmeras hiperespectrais são um bom exemplo, já que uma única imagem pode ter perto de 1 Gigabyte (GB). Uma solução já mencionada é

a utilização de computação de borda, em que o processamento é realizado em tempo real sem a necessidade de armazenamento de longo prazo e de transmissão de todos os dados. Porém, há situações em que uma infraestrutura robusta de armazenamento é inevitável, com custos bastante elevados. Apesar da capacidade de armazenamento continuar crescendo e os preços diminuindo, a quantidade de dados gerada vem também aumentando, talvez a um ritmo ainda maior, o que é um fator a ser considerado na aplicação das tecnologias na agricultura.

Portanto, o problema dos dados na agricultura ainda está longe de ser resolvido. Embora essa situação não seja ideal, ela traz diversas oportunidades tanto para cientistas quanto para empresas interessadas em desenvolver soluções que realmente atendam às necessidades dos produtores, numa área de estudo ainda não consolidada e com concorrência baixa. É importante o desenvolvimento de novas tecnologias que considerem diferentes demandas de todos os produtores rurais, uma vez que a inserção de pequenas e médias propriedades não apenas promove a inclusão desses proprietários, como também promove ganhos de escala, tornando a tecnologia potencialmente muito mais rentável.

Conclusões

A crescente disponibilidade de dados levou ao surgimento de uma gama de tecnologias e de aplicações que vêm tendo um grande impacto em todos os setores da sociedade. O número relativamente baixo de tecnologias baseadas em inteligência artificial sendo efetivamente aplicadas na prática na agricultura não é devido a uma falta de interesse ou de esforços para seu desenvolvimento, mas sim à dificuldade de se conseguir dados em quantidade e qualidade suficientes para que tais tecnologias se tornem uma realidade. Iniciativas como o CCD-AD/Semear Digital têm como uma de suas premissas básicas o estabelecimento de condições apropriadas para a obtenção, a gestão e a utilização de dados agrícolas que sejam de fato úteis para a criação de novas tecnologias. À medida que a tecnologia dos sensores e os métodos para processamento dos dados evoluem, esses objetivos se tornam mais factíveis. Porém, tais esforços dependem do estabelecimento de protocolos e de diretrizes que guiem a obtenção e governança dos dados, sempre com foco em dados de qualidade. Este capítulo teve como objetivo descrever os esforços que vêm sendo feitos para garantir uma governança adequada dos dados dentro de um centro de pesquisa real, bem como traçar um panorama para os dados

agrícolas considerando a situação atual e as tendências que vêm sendo observadas ao longo dos últimos anos. Apesar das dificuldades impostas pelo ambiente agrícola, o uso crescente de dados e tecnologias relacionadas é algo irreversível. Esse cenário traz um grande potencial para melhoria da qualidade de vida e da rentabilidade dos produtores rurais, porém será necessário um esforço, tanto por parte dos donos das tecnologias quanto pelo governo, para que tais benefícios atinjam a todos.

Referências

- BARBEDO, J. G. A. Factors influencing the use of deep learning for plant disease recognition. **Biosystems Engineering**, v. 172, p. 84-91, Aug. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.05.013>.
- BARBEDO, J. G. A. Data fusion in agriculture: resolving ambiguities and closing data gaps. **Sensors**, v. 22, n. 6, 2285, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22062285>.
- BARBEDO, J. G. A. Deep learning applied to plant pathology: the problem of data representativeness. **Tropical Plant Pathology**, v. 47, n. 1, p. 85-94, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00459-9>.
- DENG, L.; YU, D. Deep learning: methods and applications. **Foundations and Trends in Signal Processing**, v. 7, n. 3-4, p. 197-387, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1561/20000000039>.
- EMBRAPA. Política de dados, informação e conhecimento da Embrapa, de 4 de abril de 2019. **Boletim de Comunicações Administrativas**, ano 45, n.16, p. 2-19, abr. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/politica-de-governanca-de-dados-informacao-e-conhecimento>. Acesso em: 5 dez. 2023.
- FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Gestão de dados**: diretrizes para Planos de Gestão de Dados (PGD) para propostas de centros. 2021. Disponível em: <https://fapesp.br/14974/diretrizes-para-planos-de-gestao-de-dados-pgd-para-propostas-de-centros>. Acesso em: 5 dez. 2023.
- GEBRU, T.; MORGENSTERN, J.; VECCHIONE, B.; VAUGHAN, J. W.; WALLACH, H.; DAUMÉ III, H.; CRAWFORD, K. Datasheets for datasets. **Communications of the ACM**, v. 64, n. 12, p. 86-92, Dec. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1145/3458723>.
- IRWIN, A. **Citizen science**: a study of people, expertise and sustainable development. 1. ed. London: Routledge, 2002.
- KNOKE, D.; YANG, S. **Social network analysis**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 2008. (Quantitative applications in the social sciences, 154).
- SATYANARAYANAN, M. The emergence of edge computing. **Computer**, v. 50, n. 1, p. 30-39, Jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/MC.2017.9>.

SILVERTOWN, J. A new dawn for citizen science. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 9, p. 467-471, Sept. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017>.

WILKINSON, M. D.; DUMONTIER, M.; AALBERSBERG, I. J.; APPLETON, G.; AXTON, M.; BAAK, A.; BLOMBERG, N.; BOITEN, J. W.; SANTOS, L. B. da S.; BOURNE, P. E.; BOUWMAN, J.; BROOKES, A. J.; CLARK, T.; CROSAS, M.; DILLO, I.; DUMON, O.; EDMUNDS, S.; EVELO, C. T.; FINKERS, R.; GONZALEZ-BELTRAN, A.; GRAY, A. J. G.; GROTH, P.; GOBLE, C.; GRETHE, J. S.; HERINGA, J.; 'T HOEN, P. A. C.; HOOFT, R.; KUHN, T.; KOK, R.; KOK, J.; LUSHER, S. J.; MARTONE, M. E.; MONS, A.; PACKER, A. L.; PERSSON, B.; ROCCA-SERRA, P.; ROOS, M.; SCHAIK, R. VAN; SANSONE, S. A.; SCHULTES, E.; SENGSTAG, T.; SLATER, T.; STRAWN, G.; SWERTZ, M. A.; THOMPSON, M.; VAN DER LEI, J.; VAN MULLIGEN, E.; VELTEROP, J.; WAAGMEESTER, A.; WITTENBURG, P.; WOLSTENCROFT, K.; ZHAO, J.; MONS, B. Comment: The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. **Scientific Data**, v. 13, 160018, Mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/SDATA.2016.18>.

WU, Z.; CHEN, Y.; ZHAO, B.; KANG, X.; DING, Y. Review of weed detection methods based on computer vision. **Sensors**, v. 21, n. 21, 3647, June 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21113647>.

Parceria

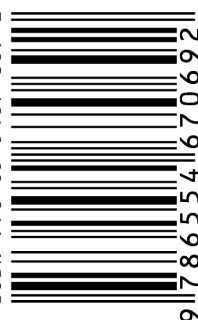


Center for
Artificial
Intelligence

lawg*}



ISBN 978-65-5467-069-2



CGPE: 018821