

| | |
|---------------------------|---|
| Título do capítulo | APÊNDICE A – DIGITALIZAÇÃO DO SETOR PRIMÁRIO DA ECONOMIA |
| Autora | Rosane S. Lourenço |
| DOI | http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-071-4/apendicea |

| | |
|------------------------|--|
| Título do livro | DO PARADOXO DAS HABILIDADES À SUPERINTELIGÊNCIA PÓS-HUMANA: COMO A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO VEM FORJANDO O FUTURO DA RELAÇÃO HOMEM-MÁQUINA |
| Organizadora | Rosane Lourenço |
| Volume | 4 |
| Série | Nova Geração de Infraestrutura |
| Cidade | Brasília |
| Editora | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) |
| Ano | 2024 |
| Edição | - |
| ISBN | 978-65-5635-071-4 |
| DOI | http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-071-4 |

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2024

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

APÊNDICE A

DIGITALIZAÇÃO DO SETOR PRIMÁRIO DA ECONOMIA

1 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A Sociedade Internacional para Agricultura de Precisão definiu agricultura de precisão como sendo a estratégia de gestão que reúne processos de análise temporal, com dados espaciais e individuais que, combinados a outras informações, servem de apoio à tomada de decisão de acordo com a variabilidade estimada de recursos, aperfeiçoando a produção agrícola de forma eficiente, produtiva, com qualidade, rentabilidade e sustentabilidade.

A variabilidade de recursos refere-se ao solo e às características das plantações que, gerenciados por métodos e técnicas de amostragem, apontam para recomendações de proteção química e nutricional, garantindo a qualidade da plantação. A engenharia tecnológica é focada em técnicas computacionais, sistemas de sensores para controle, posicionamento e aplicação em locais específicos. A cobertura ambiental inclui sedimentação, lixiviação, escoamento e drenagem relacionados ao campo.

1.1 Monitoramento massivo

Sensores interligados por IoT, *big data* armazenado em nuvem e processamento *analytics* começam a fazer parte da rotina do campo de grandes produtores agrícolas. O sensoriamento remoto é obtido por meio de imagens de câmeras em plataformas aéreas e orbitais. Os equipamentos de ondas eletromagnéticas, refletidas e emitidas, associam comprimentos de ondas específicos conforme o objeto – *e.g.*: o maior comprimento de onda eletromagnética está associado à menor frequência e à menor energia. As imagens hiperespectrais permitem a análise da qualidade dos alimentos sem destruí-los e a classificação conforme a detecção de defeitos.

O grande volume de dados que circula na IoT sobrecarrega o sistema de comunicações, geralmente restrito ou limitado no meio rural. Para os casos em que a capacidade da internet é limitada, a otimização das taxas de transferência, dos tempos de resposta e de latência pode ser viabilizada por meio da computação de borda (*edge computing*), que possibilita o processamento dos dados brutos no *hardware* local, próximo ao sensor ou nó de extremidade, para posterior conexão de rede. A análise desses dados com IA, ML e DL, na borda ou em nuvem, é/foi assunto para seção de computação cognitiva. Segue amostra de tipos de aplicações tecnológicas focadas na atividade rural.

1.1.1 Agrobusiness e alimentação saudável

- Os sistemas Agritempo, da Embrapa; Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (Sisdagro), do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet); Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (Ciiagro), do Instituto Agrônômico (IAC); e o Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas, do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (Iapar) permitem acompanhar as condições climáticas, com coleta sistemática e permanente de dados, para análise do impacto no crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantações.
- O Zoneamento Agrícola de Risco Climático possibilita a identificação da melhor época de plantio por ciclo de cultivar e tipo de solo.
- O sensoriamento depende de algoritmo para geração de informações úteis para o planejamento, medidos por sensores que dependem de estímulos físico-químicos processados em aplicações para diagnóstico de solo e da planta.
- O sensoriamento por reflectância das plantas visa determinar a quantidade e a variabilidade da biomassa em conjunto com a clorofila das folhas, possibilitando separar as espécies cultivares das espécies invasoras.
- O mapeamento georreferenciado permite diferenciar e localizar solo de acordo com a fertilidade e a produtividade, para controle de qualidade por meio de aplicação específica de corretivos e fertilizantes com economia de insumos.
- O controle biológico, com o sistema Diagnose Virtual, identifica microrganismos e insetos associados à ocorrência de pragas, com objetivo de traçar o diagnóstico de doenças de plantas via internet e promover o uso de biopesticidas ou racionalizar o emprego de agrotóxicos.
- O desenvolvimento de tecnologias de microbiomas tende a substituir os produtos químicos em breve, pois estuda os mecanismos de defesa das plantas e potencializa os microrganismos naturais que vivem ao redor e dentro dessas para defendê-las de intempéries e doenças;
- A Embrapa, em pesquisa com outros países, emprega metagenômica e inferência de redes complexas para consorciar bactérias, incorporá-las às raízes das plantas e neutralizar doenças, além de caracterizar uma variedade de funcionalidades do microbioma endofítico ainda pouco conhecidas; e
- O *software* Gotas, desenvolvido pela Embrapa e parceiros, serve para calibração da vazão de pulverizadores com direcionamento preciso para irrigação e controle fitossanitário da colheita (otimização dos aspersores, consumo da calda e velocidade de aplicação).

2 BEM-ESTAR ANIMAL E PROTEÍNA ALTERNATIVA

Outra dimensão que tende a ganhar espaço na atividade rural é a saúde e o bem-estar animal. Em 2012, um grupo de cientistas de diversas nacionalidades e especialidades reuniu-se em Cambridge, no Reino Unido, para lançar aquela que ficou conhecida como a Declaração de Cambridge sobre a Consciência Animal. Neurocientistas cognitivos, neurofarmacologistas, neurofisiologistas, neuroanatomistas e neurocientistas computacionais buscaram reavaliar os substratos neurobiológicos da experiência comportamental e consciente de animais, quaisquer que fossem os tratamentos a esses aplicados.

O manejo ou trato civilizado dos animais leva, inevitavelmente, a considerar seriamente a possibilidade de substituição gradativa dessa proteína, por tipos alternativos. O hambúrguer de laboratório tem sido alvo de pesquisas, sendo fabricado a partir de células-tronco de músculos de vacas, o que tende a eliminar a carne convencional em um par de décadas. Para isso, os empreendedores estão empenhados na missão de produzir o tecido animal em massa e a preços módicos. Ademais, o espectro de pesquisa tem sido ampliado, envolvendo diferentes cortes de carne bovina, suína e aviária, além da possibilidade de utilizar a impressão 3D para cultivar tecido adiposo, ósseo e muscular combinados, que associa gordura, osso e carne.

O processo consiste em tratar a fibra muscular do animal convencional com enzimas, a fim de liberar as células-tronco, para que sejam cultivadas *in vitro* por um período de gestação de nove semanas até ficarem prontas. O caminho a percorrer envolve aprovação de autoridades das agências regulatórias para, posteriormente, começar a produção em regime fabril de grandes quantidades, por meio de equipamentos preparados para a multiplicação em condições sanitárias adequadas. A empresa holandesa Mosa Meat, que trabalha com a Universidade de Maastrich, deve colocar o produto no mercado a partir de 2021 ao preço inicial de aquisição de cerca de US\$ 10 por hambúrguer.

Até que essas novidades façam parte do cotidiano da população, haverá necessidade de *big data* para monitoramento individualizado dos animais na pecuária bovina e suína cativos nas fazendas, tornando a prática comum para acompanhamento dos estágios produtivo de manejo alimentar, reprodutivo e sanitário. A avicultura, ainda que percebida de forma diferente e mais grupal, tem recebido atenção especial no que se refere ao modo de criação em espaços mais amplos, monitorados com sensores e equipados com sistemas de arejadores, dosagem alimentar e conforto térmico, com diminuição da densidade de animais por área.

A alternativa, que tem o apoio da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), é buscar fontes com 35% a 60% de proteína nos insetos, para servir de ração animal e mesmo para alimentação humana. O alimento faz parte do cardápio de alguns países asiáticos e africanos, mas pode servir para produção sustentável de pequenos animais, como aves e peixes. O teor de gordura

extremamente baixo, livre de carboidrato e rico em vitaminas e minerais, faz desses pequenos animais um alimento saudável. Em 2019, a empresa holandesa Protix montou uma fábrica para produção de insetos em massa, mais especificamente a larva da mosca negra, o besouro molitor e o grilo, com o objetivo de processamento para ração animal. A produção inovadora conta com sistemas controlados que utilizam *big data*, IA e robótica.

2.1 Automação

O comando remoto via computador, *tablet*, *smartphone* de tratores e implementos agrícolas, equipados com GPS e telemetria, agiliza os trabalhos de semeadura, preparo do solo e colheita, minimizando os custos com combustíveis e os custos de manutenção. O piloto automático das máquinas é controlado remotamente via plataforma *online*, que permite ao agricultor acompanhar a rotina programada e agir em caso de desconformidade com o planejamento operacional.

Em conjunto com negócios inovadores, como as plataformas de compartilhamento social de veículos agrícolas com eletrônica embarcada, os empreendedores adicionam camadas de valor ao desenvolvimento das TICs e promovem acessibilidade à mecanização para os pequenos produtores via *leasing*, além de facilitar a manutenção de equipamentos e motores.

O comitê ISO¹ TC-23 e correspondente ABNT/CB-203² especificam tratores, máquinas, sistemas, acessórios e equipamentos para agricultura e silvicultura. A norma ABNT NBR ISO 12188-2:2017 contém o processo de avaliação de desempenho dos tratores agrícolas equipados com sistemas de posicionamento e orientação automática (Automatic Guided System – AGS), com base em GNSS-GPS, por meio de critérios de deslocamento reto e horizontal.

3 MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE

A caracterização e o monitoramento dos recursos naturais tornam-se imprescindíveis para a atividade agrícola que visa desenvolver o suprimento alimentar com produtividade e sustentabilidade. Para isso, atenção especial é dedicada às intervenções de recuperação de áreas degradadas, à manutenção da biodiversidade dos ecossistemas e à restauração de mananciais para ampliação da oferta de recursos hídricos. Exemplos de recursos de TICs disponibilizados aos produtores foram relacionados a seguir.

- Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (Sisla) – Embrapa e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (Imasul)

1. Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization – ISO).

2. Comitê Brasileiro da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

fornecem aos fiscais e empreendedores interessados no processo de licenciamento ambiental informações sobre cobertura vegetal e uso da terra.

- Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SatVeg) – Embrapa Informática Agropecuária observa e disponibiliza a evolução temporal dos índices vegetativos que expressam variações de biomassa no solo, a partir de imagens de satélite disponibilizadas publicamente pela Nasa, para subsidiar o monitoramento agrícola e ambiental.
- Projeto TerraClass – Embrapa/Inpe qualifica o desflorestamento mapeado pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (Prodes) de monitoramento por satélite da floresta amazônica segundo a classificação: agricultura anual, área não observada, área urbana, mineração, mosaico de ocupações, pasto com solo exposto, pasto limpo/sojo, regeneração com pasto, reflorestamento, vegetação secundária etc.
- Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal (Siageo) – a Embrapa reúne e disponibiliza informações geoespaciais a partir de iniciativas de zoneamento ecológico-econômico (ZEE) no bioma Amazônia.

O Fórum Econômico Mundial (WEF e McKinsey & Company, 2018b), no relatório sobre o futuro da segurança alimentar e agricultura, avaliou que esses setores têm sido lentos em adotar a nova geração de tecnologias digitais e os avanços científicos em biotecnologia e genômica. O levantamento de 2017 sobre capital de risco e corporações mostrou que US\$ 14 bilhões foram empregados desde 2010 em mil *startups* especializadas em sistemas de alimentação, considerado baixo, dado que US\$ 145 bilhões foram investidos em 18 mil *startups* dedicadas ao setor de saúde nesse mesmo período.

Milhões de agricultores vivem no sistema de agricultura de subsistência, enquanto bilhões de pessoas se alimentam com uma dieta nutricional pobre. O desperdício de alimentos é enorme e as antigas práticas agrícolas deterioram o meio ambiente. O relatório do Fórum Econômico Mundial (WEF e McKinsey & Company, 2018b) alerta para o fato de que os ODS-2030 exigem sistemas mais inclusivos, sustentáveis, eficientes, saudáveis e nutritivos.

Portanto, mudanças no perfil da demanda são previstas, como: i) a opção por proteínas alternativas que diminuam emissões de GEE em 950 CO₂Mteq, reduzam o consumo de 400 bilhões de metros cúbicos de água e liberem 400 milhões de hectares de terra; ii) as tecnologias de sensoriamento, rastreabilidade para qualidade e segurança alimentar devem diminuir o desperdício de 20 milhões de toneladas; e iii) a nutrição personalizada (nutrigênica) deve arrefecer o ritmo de obesidade de 55 milhões de pessoas.

Quanto à promoção da cadeia de valor, espera-se que: i) a mobilidade dos serviços de entrega gere até US\$ 200 bilhões de renda para os agricultores, redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂) equivalentes de 100 Mt e diminuição do consumo de água de 100 bilhões de metros cúbicos; ii) os avanços em *big data* e *analytics* permita assegurar US\$ 70 bilhões de renda adicional aos produtores e aumente a produção em 150 milhões de toneladas; iii) a IoT em tempo real traga transparência e rastreabilidade para a cadeia de suprimentos e diminuição das perdas de alimentos em 35 milhões de toneladas; e iv) a rastreabilidade, viabilizada pela tecnologia de *blockchain*, reduza o desperdício em 30 milhões de toneladas.

A criação de sistemas de produção efetivos inclui: i) agricultura de precisão, para otimização de recursos hídricos e insumos, com diminuição de custos de US\$ 100 bilhões, aumento de produtividade equivalente a 300 milhões de toneladas e redução de 180 milhões de metros cúbicos de água; ii) edição genética para melhoramento de sementes, com US\$ 100 bilhões adicionais na renda do agricultor, aumento de 400 milhões de toneladas, abatimento de US\$ 100 milhões na deficiência com micronutrientes; iii) resiliência da cultura com tecnologias de microbioma, gerando US\$ 100 bilhões em renda, produtividade de 250 milhões de toneladas e redução de 30 MtCO₂eq; iv) proteção biológica da cultura e gerenciamento de micronutrientes no solo, produzindo 50 milhões de toneladas adicionais e reduzindo emissões em 5 MtCO₂eq; e v) acesso à energia e armazenamento *off-grid*, com incremento de renda de US\$ 100 bilhões, aumento da produtividade de 530 milhões de toneladas e diminuição da extração de recursos hídricos correspondentes a 250 bilhões de metros cúbicos.

Alguns desafios permanecem, como: i) a disposição dos usuários de ceder dados pessoais e da propriedade em troca de benefício; ii) a extensão da ferramenta para os pequenos agricultores; iii) a *expertise* para redesenhar processos para a cadeia produtiva, em que prevalece a ideia de subsistema de sistemas; iv) as culturas dependentes de trabalho na polinização assistida; v) a genômica para espécies resistentes às pragas; e v) o microbioma da plantação, com reprodução em calda aplicada à cultura e aumento de produtividade.