



Inovações tecnológicas no campo: agricultura de precisão e agricultura digital como estratégias de gestão, eficiência e sustentabilidade

Technological innovations in the field: precision agriculture and digital agriculture as strategies for management, efficiency, and sustainability

Innovaciones tecnológicas en el campo: agricultura de precisión y agricultura digital como estrategias de gestión, eficiencia y sostenibilidad

Simones Nemezio dos Santos Silva¹, Mírian Paula Medeiros André Pinheiro², Maria Gilberlândia Ferreira Ferro³

1. Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de Alagoas, Email: monenemezio@gmail.com;

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6428699698365085>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6629-4160>;

2. Doutora em Irrigação e Drenagem, UNESP - Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", Email:

irrigante.medeiros@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6055450823138121>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5317-6160>

3. Engenheira agrônoma e Doutora em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA, Email: gilberlandiaferro@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6104228087247669>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3579-8756>

RESUMO - Este artigo analisa inovações tecnológicas vinculadas à Agricultura de Precisão no Brasil no período de 2000 a 2025, com ênfase na integração entre diagnóstico, decisão e intervenção no campo. A pesquisa foi qualitativa, baseada em revisão bibliográfica e documental de autores brasileiros, organizada por categorias tecnológicas e por implicações para gestão rural. Os resultados mostram que ganhos consistentes dependem do ciclo completo de dados: coleta georreferenciada, processamento em SIG, geração de mapas, aplicação em taxa variável e avaliação por indicadores. Tecnologias de navegação, sensores, sensoriamento remoto e drones ampliam monitoramento e eficiência operacional, enquanto a agricultura digital fortalece armazenamento e análise, mas impõe desafios de conectividade, capacitação e interoperabilidade. Conclui-se que a adoção bem sucedida exige implementação gradual, metas mensuráveis e adequação ao porte do produtor, permitindo reduzir desperdícios, melhorar a rentabilidade e apoiar sustentabilidade com atenção às realidades regionais e ao uso racional de insumos, água, energia e defensivos.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Agricultura digital. Taxa variável. Drone. Gestão rural.



ABSTRACT - This article analyzes technological innovations linked to Precision Agriculture in Brazil from 2000 to 2025, with an emphasis on the integration between diagnosis, decision-making, and intervention in the field. The research was qualitative, based on a bibliographic and documentary review of Brazilian authors, organized by technological categories and implications for rural management. The results show that consistent gains depend on the complete data cycle: georeferenced collection, GIS processing, map generation, variable rate application, and evaluation by indicators. Navigation technologies, sensors, remote sensing, and drones increase monitoring and operational efficiency, while digital agriculture strengthens storage and analysis but poses challenges in terms of connectivity, training, and interoperability. It is concluded that successful adoption requires gradual implementation, measurable goals, and adaptation to the size of the producer, allowing for reduced waste, improved profitability, and support for sustainability with attention to regional realities and the rational use of inputs, water, energy, and pesticides.

Keywords: Precision farming. Digital agriculture. Variable rate. Drone. Rural management.

RESUMEN Este artículo analiza las innovaciones tecnológicas relacionadas con la agricultura de precisión en Brasil en el período comprendido entre 2000 y 2025, haciendo hincapié en la integración entre el diagnóstico, la decisión y la intervención en el campo. La investigación fue cualitativa, basada en una revisión bibliográfica y documental de autores brasileños, organizada por categorías tecnológicas y por implicaciones para la gestión rural. Los resultados muestran que las ganancias consistentes dependen del ciclo completo de datos: recopilación georreferenciada, procesamiento en SIG, generación de mapas, aplicación en tasa variable y evaluación por indicadores. Las tecnologías de navegación, sensores, teledetección y drones amplían el monitoreo y la eficiencia operativa, mientras que la agricultura digital fortalece el almacenamiento y el análisis, pero impone desafíos de conectividad, capacitación e interoperabilidad. Se concluye que la adopción exitosa requiere una implementación gradual, metas medibles y adecuación al tamaño del productor, lo que permite reducir el desperdicio, mejorar la rentabilidad y apoyar la sostenibilidad, prestando atención a las realidades regionales y al uso racional de insumos, agua, energía y defensivos.

Palabras clave: Agricultura de precisión. Agricultura digital. Tasa variable. Dron. Gestión rural.

INTRODUÇÃO

As transformações recentes na agricultura brasileira resultam de uma combinação entre modernização do parque de máquinas, avanço das geotecnologias e maior capacidade de coletar e interpretar dados no nível do talhão. Nesse cenário, a Agricultura de Precisão se consolida como uma forma de gerenciamento que parte do reconhecimento de que o campo não é uniforme, nem no espaço nem no tempo, e que decisões padronizadas podem gerar desperdícios, reduzir eficiência e ampliar impactos ambientais quando desconsideram essa variabilidade.



A proposta da Agricultura de Precisão, portanto, é substituir a homogeneização pela diferenciação. Ela se estrutura a partir da aquisição sistemática de informações georreferenciadas sobre as condições do solo, o desenvolvimento das culturas e os parâmetros ambientais. Com base nesse diagnóstico espacialmente explícito, o gestor pode orientar intervenções localizadas e com dosagens ajustadas, como a aplicação variada de fertilizantes ou corretivos. O objetivo final, conforme destacado em políticas públicas para o setor (Brasil, 2009), é conciliar ganhos de eficiência econômica com a racionalização do uso de insumos, promovendo uma agricultura simultaneamente mais competitiva e sustentável.

No Brasil, o debate técnico sobre Agricultura de Precisão ganhou força à medida que a mecanização avançou e a produção passou a depender de decisões rápidas, rastreáveis e economicamente justificáveis. O tema, entretanto, não se resume à presença de equipamentos modernos. Trata-se de um encadeamento de etapas que começa na coleta de dados confiáveis, passa pela análise e interpretação e culmina na tomada de decisão e na execução localizada do manejo. Quando bem implementada, essa lógica permite compreender por que áreas próximas, dentro do mesmo talhão, podem responder de modo distinto à adubação, à correção do solo, ao controle de plantas daninhas e a outras práticas de manejo. Essa mudança de olhar altera o modo de planejar a lavoura, pois desloca o foco da média do talhão para a gestão das diferenças internas, tornando a decisão agrícola mais informada e menos baseada em generalizações. (Coelho, 2005)

Entre as bases tecnológicas que viabilizam esse modelo de gestão, o posicionamento por satélites e a navegação de precisão assumem papel central, já que permitem localizar amostras, mapear operações e repetir trajetórias com menor sobreposição e menor falha operacional. A consolidação do GNSS como infraestrutura de posicionamento amplia a capacidade de registro espacial de dados e sustenta aplicações como piloto automático, agricultura em linhas mais regulares e operação mais eficiente de implementos, com ganhos que podem aparecer tanto na economia de insumos quanto na padronização das práticas de campo. (Monico, 2008) Ao mesmo tempo, materiais de capacitação e difusão tecnológica destacam que a adoção dessas ferramentas exige entendimento mínimo sobre precisão do sinal, fontes de erro e adequação do nível de acurácia ao objetivo da operação, evitando investimentos inadequados ou expectativas irreais sobre resultados. (Senar, 2019)

Outro eixo decisivo é o sensoriamento, entendido como a capacidade de observar o estado da lavoura por diferentes meios, desde sensores embarcados em máquinas até imagens obtidas por satélites e plataformas aéreas. O sensoriamento remoto, em particular, oferece suporte para



diagnosticar variabilidade vegetativa, estimar vigor e identificar padrões que orientam inspeções em campo e decisões de manejo, sobretudo quando integrado a informações agronômicas e registros de produtividade. A literatura brasileira de base sobre sensoriamento remoto reforça que a interpretação adequada das respostas espectrais depende do conhecimento do alvo, do sensor e das condições de aquisição, o que torna a capacitação técnica um componente estratégico para transformar imagem em decisão. (Novo, 2010) Em perspectiva semelhante, obras introdutórias nacionais enfatizam que a obtenção de informação sem contato direto com o alvo exige cuidado metodológico na leitura e na validação em campo, sob risco de inferências equivocadas. (Rosa, 2009)

Nos últimos anos, as inovações tecnológicas ampliaram o repertório de ferramentas disponíveis, com destaque para drones, automação e integração digital de dados. Drones passaram a apoiar mapeamento, monitoramento e, em alguns casos, aplicações localizadas, especialmente onde há limitações operacionais de acesso, necessidade de rapidez na inspeção ou interesse em detalhamento espacial fino. Estudos brasileiros discutem que drones de pulverização podem trazer ganhos de eficiência e flexibilidade, mas também apresentam limitações técnicas e econômicas, principalmente relacionadas à capacidade de carga, autonomia e custo de aquisição, o que exige avaliação criteriosa de viabilidade e adequação ao perfil do produtor. (Castaldo, 2023) Pesquisas recentes com drones de asa rotativa, em contexto brasileiro, também apontam resultados promissores ao comparar índices de vegetação obtidos por drone com dados orbitais, reforçando o potencial dessas plataformas para monitoramento e validação de padrões de variabilidade em cultivos comerciais. (Damasceno, 2025)

A Agricultura de Precisão também é tratada como inovação capaz de racionalizar recursos e apoiar a produção de alimentos com maior eficiência no uso de fertilizantes, sobretudo quando vinculada a uma estratégia de gestão orientada por dados. Nessa direção, estudos brasileiros analisam a Agricultura de Precisão como alternativa para otimização do emprego de insumos e fortalecimento do desempenho produtivo, desde que o processo seja conduzido com base em planejamento, dados secundários confiáveis e integração entre tecnologia e decisão agronômica. (Artuzo, 2017) Paralelamente, a transição para uma agricultura mais digital tem sido discutida no país a partir de levantamentos sobre tendências e desafios, incluindo conectividade, qualificação de pessoas, acesso a serviços e apropriação prática das tecnologias em propriedades de diferentes portes. (Sebrae, 2021)



Diante desse panorama, o tema “Inovações tecnológicas no campo, Agricultura de Precisão” torna-se relevante por combinar duas demandas concretas do produtor rural: melhorar resultados econômicos e reduzir desperdícios, sem ampliar pressões ambientais. A abordagem do assunto, portanto, precisa considerar tanto os aspectos técnicos que estruturam a Agricultura de Precisão quanto os fatores humanos e gerenciais que determinam sua adoção e continuidade. Ao tratar de variabilidade espaço temporal, integração de sensores, georreferenciamento, drones e sistemas digitais, o debate ultrapassa a ideia de modernização estética e se aproxima de uma proposta de gestão da propriedade baseada em informação, com decisões mais justificadas, monitoráveis e ajustáveis ao longo do ciclo produtivo (Brasil, 2009). Nesse sentido, discutir essas inovações, considerando realidades distintas de pequenos, médios e grandes produtores, contribui para construir orientações mais aplicáveis, com potencial de fortalecer produtividade, renda e práticas de manejo mais responsáveis no campo. (SENAR, 2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa se propõe a analisar como a água é utilizada na agricultura irrigada do Nordeste brasileiro, com foco no período de 2015 a 2025. A escolha desse intervalo de dez anos é estratégica, pois permite observar um ciclo marcado pela recorrência de secas, pela contínua expansão das áreas irrigadas e por mudanças significativas nas políticas públicas de gestão hídrica. Para alcançar esse objetivo, o trabalho adota uma abordagem que combina análise qualitativa e quantitativa, permitindo uma descrição detalhada dos fatos e, ao mesmo tempo, uma interpretação crítica das relações entre o aumento da demanda por água, a produção agrícola regional e a eficácia dos modelos de governança em vigor.

O foco espacial recai sobre a Região Nordeste, com ênfase natural em seu semiárido. Esta sub-região apresenta a combinação crítica de alta vulnerabilidade climática e uma dependência histórica da irrigação, constituindo-se como um objeto de análise singular. Para garantir consistência, a escala de trabalho priorizou recortes territoriais amplos e funcionais, como bacias hidrográficas e polos consolidados de agricultura irrigada. Evitou-se, assim, comparações entre localidades cujos dados fossem incomparáveis metodologicamente.

O percurso metodológico iniciou-se com uma revisão bibliográfica abrangente. O levantamento foi realizado em plataformas como SciELO, Portal de Periódicos da CAPES e Google Scholar, com o objetivo central de mapear a produção científica e técnica mais atual.



Foram consultados artigos, livros, relatórios de instituições, dissertações e teses publicados no intervalo definido (2015-2025). A seleção do material foi guiada por um conjunto de descritores-chave, incluindo "irrigação", "demanda hídrica", "eficiência do uso da água", "gestão de recursos hídricos", "outorga" e "semiárido", sempre vinculados ao contexto nordestino. Esta etapa fundamental serviu para construir o quadro teórico e identificar as principais questões e lacunas do conhecimento sobre o tema. A seleção dos trabalhos considerou a aderência temática, o rigor metodológico e a relevância para o debate sobre agricultura irrigada e gestão hídrica.

Complementarmente à revisão teórica, o estudo se fundamentou na sistematização e no exame crítico de dados secundários de domínio público. A compreensão do perfil produtivo e da estrutura da agricultura irrigada na região partiu, principalmente, das estatísticas detalhadas do Censo Agropecuário de 2017, conduzido pelo IBGE. Esse recenseamento oferece um retrato robusto dos estabelecimentos rurais, suas práticas de manejo e sua infraestrutura.

Para dimensionar e qualificar o uso da água, a investigação recorreu aos relatórios técnicos e às séries históricas mantidas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Essas fontes são primordiais para acessar estimativas consolidadas sobre retirada e consumo hídrico nos diferentes setores usuários, permitindo isolar e analisar a participação específica da irrigação na demanda total.

A dimensão climática, inescapável no contexto nordestino, foi incorporada por meio de indicadores e produtos de monitoramento de secas. Esses dados foram essenciais para contextualizar a pressão sobre os recursos hídricos em períodos de escassez aguda, interpretando a irrigação não simplesmente como uma técnica produtiva, mas como uma resposta estratégica à variabilidade ambiental extrema.

A organização e o tratamento das informações coletadas exigiram um cuidadoso trabalho de harmonização. Diferentes escalas temporais, unidades de medida e conceitos operacionais foram padronizados para viabilizar comparações válidas. A análise que se seguiu privilegiou métodos descritivos, como a identificação de tendências e a comparação temporal, constantemente iluminadas por interpretações críticas extraídas do referencial teórico. É importante registrar que o trabalho lidou conscientemente com limitações inerentes a estudos dessa natureza, incluindo a defasagem temporal de alguns conjuntos de dados e a heterogeneidade metodológica entre as diversas fontes consultadas.

A interpretação final dos resultados buscou uma visão integrada. O objetivo foi tecer conjuntamente os fios da produção agrícola, dos padrões de uso da água e da efetividade dos



instrumentos de gestão hídrica disponíveis. Esta perspectiva permite discutir as implicações do modelo de irrigação vigente não apenas para a produtividade do setor, mas para a própria sustentabilidade dos recursos hídricos frente a um cenário de mudanças climáticas e pressões socioeconômicas crescentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A leitura das fontes selecionadas indica que as inovações tecnológicas mais determinantes para a Agricultura de Precisão no Brasil não aparecem isoladas, mas como um encadeamento de etapas em que a lavoura passa a ser medida, localizada e interpretada antes de ser manejada. Em outras palavras, o ganho real surge quando o produtor transforma variabilidade em informação operacional, isto é, quando coleta dados em escala compatível com a tomada de decisão e, em seguida, converte esses dados em mapas, zonas de manejo e recomendações aplicáveis no campo (Coelho, 2005). Esse entendimento também está alinhado ao enfoque institucional de que a Agricultura de Precisão reúne técnicas e metodologias voltadas à otimização do manejo e ao uso racional de insumos, com eficiência econômica e redução de impactos ambientais (Brasil, 2009).

Quando se observa a base tecnológica que sustenta esse encadeamento, nota-se que o núcleo das inovações está na combinação entre georreferenciamento, processamento computacional e sensoriamento. Coelho sistematiza esse conjunto ao agrupar as tecnologias em categorias que incluem computadores e programas, GPS, SIG, sensoriamento remoto, sensores e controladores eletrônicos, mostrando que a Agricultura de Precisão depende tanto da capacidade de medir quanto da capacidade de armazenar, cruzar e analisar grandes volumes de dados georreferenciados (Coelho, 2005). Complementarmente, o avanço do sensoriamento remoto, ao consolidar princípios e aplicações para extração de informação a partir da interação energia e alvo, amplia a possibilidade de diagnóstico espacial da lavoura, desde observações em escala mais ampla até análises com maior detalhamento quando associadas a outras fontes de dado (Novo, 2010).

Tabela 1. Tecnologias habilitadoras e função no ciclo de decisão da Agricultura de Precisão (AP)



Tecnologia habilitadora	O que gera na prática	Para que serve na decisão	Ponto crítico de qualidade
Georreferenciamento (GPS e navegação)	posição do dado no talhão	ligar cada medida a um local e permitir repetição ao longo do tempo	erro de posicionamento e ausência de padronização de rotas
SIG e geoprocessamento	mapas temáticos e camadas	integrar solo, produtividade, relevo e manejo para definir zonas	interoperabilidade e consistência espacial das camadas
Sensoriamento remoto (satélite)	imagens com repetição temporal	acompanhar vigor, mudanças e anomalias em grandes áreas	resolução espacial e interferência atmosférica
Sensoriamento remoto (drones)	imagens de alta resolução	detalhar falhas, reboleiras e padrões finos de variabilidade	calibração, processamento e logística de voo
Sensores de campo (solo e planta)	séries de umidade, condutividade, variáveis fisiológicas	diagnóstico localizado para correção e ajuste de manejo	manutenção, calibração e representatividade do ponto amostrado
Computação e análise de dados	limpeza, cruzamento e modelagem	transformar dado em recomendação executável	qualidade do dado de entrada e capacitação do usuário

Fonte: elaboração própria a partir de Coelho (2005), Brasil (2009), Novo (2010) e Castaldo (2023).

Ainda no campo do sensoriamento, a disponibilidade de imagens orbitais é uma condição estratégica para monitoramento ambiental e agrícola no país, porque amplia a cobertura e a continuidade temporal. O Programa CBERS, por exemplo, é apresentado como ferramenta de geração de dados primários de sensoriamento remoto, utilizada em diferentes aplicações, incluindo o monitoramento de áreas agrícolas e ocupação do solo, o que reforça o papel da observação da Terra como base informacional para políticas e decisões técnicas (INPE, 2025). Em escala mais detalhada, cresce o uso de drones tanto para monitoramento quanto para operações específicas, com destaque para pulverização, em que se apontam benefícios como agilidade e acesso a áreas difíceis, mas também limitações relacionadas à capacidade operacional e custos, especialmente para pequenos produtores (Castaldo, 2023).

Do ponto de vista de adoção e uso no Brasil, os resultados empíricos de Bernardi mostram que a Agricultura de Precisão tende a se materializar primeiro por tecnologias mais “visíveis” e operacionais, como navegação (barra de luz e piloto automático) e recursos de aplicação em taxa variável, ao mesmo tempo em que evidencia um desafio recorrente: a presença de equipamentos subutilizados. No levantamento com 301 proprietários e administradores, o tempo médio de



adoção informado foi de 4 anos e as atividades em que a AP aparece com mais frequência incluem aplicação de corretivos do solo e colheita, com ampla terceirização das operações. Outro achado importante é a escala de amostragem de solo, frequentemente entre 3 a 5 ha, o que afeta diretamente a sensibilidade para captar variabilidade e o custo do processo (Bernardi, 2014).

Tabela 2. Evidências de adoção e uso de Agricultura de Precisão em propriedades brasileiras (síntese de levantamento)

Indicador observado	Resultado reportado	Interpretação técnica para gestão
Amostra do estudo	301 proprietários e administradores	base indica percepção e prática em regiões agrícolas relevantes
Tempo médio de adoção	4 anos	adoção recente sugere curva de aprendizagem ainda em curso
Equipamentos mais frequentes	navegação e taxa variável	prioriza reduzir erro operacional e padronizar aplicação
Atividades com maior presença de AP	corretivos do solo e colheita	foco inicial em etapas com retorno mais direto e mensurável
Execução das atividades	maior parte por terceiros	barreira de mão de obra especializada e dependência de serviço
Grade amostral comum	3 a 5 ha	pode reduzir custo, mas pode perder detalhe em áreas muito heterogêneas
Culturas mais citadas com uso de AP	soja 82% e milho 82%, depois trigo 22% e feijão 13%	concentração em grãos reforça onde o pacote tecnológico está mais maduro
Expectativa de ganho de produtividade (entre adotantes)	6 a 10% (25%) e 11 a 20% (36%)	percepção de benefício, mas depende de qualidade do diagnóstico e execução

Fonte: elaboração própria a partir de Bernardi (2014).

Na sequência dos resultados, o que aparece com mais força quando se passa do diagnóstico para a intervenção é que, no Brasil, a agricultura de precisão se consolidou primeiro como um serviço organizado em etapas bem definidas, começando pela amostragem georreferenciada em grade, passando pelo processamento dos resultados com geoestatística e SIG e chegando aos mapas de prescrição, que são lidos por distribuidores capazes de variar automaticamente a dose de corretivos e fertilizantes no campo, caracterizando a VRT como a principal operação comercial ofertada ao produtor (Resende et al., 2010). Esse avanço, porém, veio acompanhado de dois efeitos importantes para a tomada de decisão: o aumento do custo conforme cresce o detalhamento desejado e a dificuldade de padronizar densidades de amostragem, já que atributos como fósforo



e micronutrientes tendem a exigir grades mais densas do que textura, matéria orgânica e bases, o que impacta diretamente o preço final do serviço e a viabilidade para diferentes escalas de propriedade (Resende et al., 2010).

Quando a intervenção é executada com taxa variável, os ganhos não se limitam à economia direta de insumos, porque a operação também reduz sobreposições e falhas, melhora a rastreabilidade do que foi feito em cada ponto e cria um histórico que pode orientar correções futuras, desde que o produtor consiga fechar o ciclo com monitoramento e avaliação do efeito do manejo sobre a produtividade e sobre os atributos do solo. Na prática, esse “fechamento do ciclo” ainda é um gargalo recorrente, pois sensores e mapas geram dados valiosos, mas a coleta e o processamento não são triviais, especialmente em talhões extensos, nos quais o diagnóstico detalhado e intervenções finas tendem a ficar mais caros e difíceis de operacionalizar (Resende et al., 2010). Isso ajuda a explicar por que, em muitos casos, a fazenda consegue avançar rapidamente em VRT para calagem e adubação, mas demora mais para transformar mapas de produtividade, imagens e telemetria em decisões agronômicas consistentes safra após safra.

Uma evidência objetiva do potencial da taxa variável, ainda que em recorte específico, aparece em resultados experimentais em cana-de-açúcar conduzidos em parceria com usinas, nos quais a produtividade média permaneceu muito próxima entre taxa variável e taxa fixa, enquanto alguns insumos e corretivos foram reduzidos no cenário variável, com destaque para nitrogênio na cana-planta e cana-soca, o que reforça a ideia de produzir a mesma biomassa com menor quantidade de insumos em parte dos cenários, a depender do nutriente e da estratégia de prescrição (Magalhães et al., 2014).

Tabela 3. Indicadores comparativos entre taxa variável e taxa fixa em cana-de-açúcar (campos experimentais em parceria com usinas)

Indicador	Unidade	Taxa variável	Taxa fixa
Produtividade média por ciclo	t ha ⁻¹	80,80	79,70
Calcário por ciclo	kg ha ⁻¹	1.452,00	1.550,00
Gesso por ciclo	kg ha ⁻¹	1.178,00	1.326,00
N (cana-planta)	kg ha ⁻¹	61,60	83,20
P2O5 (cana-planta)	kg ha ⁻¹	164,40	204,00
K2O (cana-planta)	kg ha ⁻¹	157,20	125,00
N (cana-soca)	kg ha ⁻¹	103,00	159,50
P2O5 (cana-soca)	kg ha ⁻¹	7,10	0,00
K2O (cana-soca)	kg ha ⁻¹	119,00	90,00

Fonte: Adaptado de Magalhães et al. (2014). Dados apresentados em publicação técnica com síntese de resultados de avaliação em parceria com usinas (Magalhães et al., 2014).



Além da taxa variável, a automação de deslocamento com barra de luz e piloto automático se destaca por melhorar a eficiência operacional, com redução de sobreposições, economia de tempo e combustível e menor desperdício em operações como semeadura e tratos culturais, ao mesmo tempo em que tende a diminuir o trânsito desnecessário e, por consequência, riscos associados à compactação e a impactos ambientais, sendo frequentemente adotada mesmo quando a propriedade ainda não estruturou toda a lógica de manejo sítio-específico (Resende et al., 2010). Esse ponto é relevante porque evidencia uma “porta de entrada” tecnológica: sistemas de guia e piloto podem trazer retorno operacional mais imediato, enquanto VRT depende de um pacote maior de dados, calibração e, principalmente, de governança do processo, do diagnóstico até a conferência do resultado.

No nível de equipamentos e integração, os resultados também mostram que a adoção de soluções de agricultura de precisão pressiona a propriedade a resolver um problema prático que não é agrônomo, mas tecnológico: compatibilidade entre dispositivos, softwares e eletrônica embarcada. Já no início da consolidação da agricultura de precisão, a literatura técnica brasileira destacava que a multiplicidade de fornecedores e a incompatibilidade entre sistemas gerava duplicidades e encarecimento, impulsionando a busca por padronização (Cultivar, 2005). Nessa mesma direção, estudos acadêmicos sobre comunicação embarcada em máquinas agrícolas analisam a norma ISO 11783 (ISOBUS) como referência para integração, mostrando como o tema de interoperabilidade se torna parte do “resultado” da agricultura de precisão, porque sem padronização o produtor paga mais, opera com mais cabos, mais telas e mais riscos de falha (Guimarães, 2003).

Outro resultado que se consolida nos últimos anos é a incorporação de drones em atividades de aplicação e monitoramento, com destaque para pulverização em áreas de difícil acesso e operações em maior velocidade quando comparadas a equipamentos tratorizados em certos cenários, embora o próprio desempenho e expansão do uso fiquem condicionados a fatores como bateria, custo de aquisição, deriva, pressão de pulverização e exigências regulatórias. Esse achado é importante porque coloca o drone como tecnologia de nicho útil para resolver gargalos operacionais específicos, mas não como substituto automático do pulverizador convencional em qualquer condição, exigindo critérios técnicos claros para decisão (Castaldo, 2023).

Tabela 4. Síntese de evidências e implicações práticas das tecnologias de intervenção na agricultura de precisão no Brasil (2000 a 2025).



Tecnologia de intervenção	Evidência observada na literatura brasileira	Implicação prática para gestão	Limitação mais recorrente
Aplicação em taxa variável (VRT) para corretivos e fertilizantes	Configura o principal serviço de AP ofertado comercialmente, integrando amostragem, mapas e aplicação automática conforme prescrição (Resende et al., 2010).	Reduz sobreposições, direciona insumos a zonas com necessidade real e melhora rastreabilidade.	Custo cresce com detalhamento e a densidade ideal de amostragem varia por atributo do solo (Resende et al., 2010).
Guia e piloto automático	Aumenta rendimento operacional, melhora precisão de deslocamento e reduz desperdícios em operações mecanizadas (Resende et al., 2010).	Otimiza frota e tempo, reduz falhas e sobreposição e ajuda a padronizar operações.	Pode ser adotado isoladamente sem virar manejo sítio-específico, limitando ganhos agronômicos.
Drones de pulverização	Maior velocidade e acesso a terrenos difíceis, com barreiras ligadas a bateria, custo e deriva (Castaldo, 2023).	Alternativa operacional em áreas específicas e janelas curtas de aplicação.	Limitações energéticas e exigências técnicas e regulatórias para operação (Castaldo, 2023).
Interoperabilidade e padronização (ISOBUS e integração)	A incompatibilidade entre dispositivos encarece e dificulta a integração, motivando padronizações (Cultivar, 2005). A ISO 11783 é discutida como referência para integração de comunicação embarcada (GUIMARÃES, 2003).	Reduz redundâncias, melhora confiabilidade e facilita escalar o sistema na fazenda.	Dependência de compatibilidade real entre fornecedores e implementação correta.

Fonte: Elaborado a partir de Resende et al. (2010). Cultivar (2005). Guimarães (2003). Castaldo (2023).

Na continuidade dos resultados, a literatura brasileira converge para a ideia de que o salto mais recente da Agricultura de Precisão ocorre quando a propriedade passa a operar uma cadeia de dados completa, em que a variabilidade é medida, registrada, analisada e devolvida ao campo na forma de decisão gerencial e prática de manejo. Bassoi et al. (2019) descrevem a Agricultura de Precisão como uso de procedimentos e de equipamentos, implementos e sensores voltados a avaliar a variabilidade espacial e temporal de atributos do solo, planta, animal ou clima para subsidiar decisões e práticas diferenciadas, destacando que, em muitas atividades, coleta, armazenamento, análise e transmissão já se encaixam no contexto da agricultura digital. Esse resultado é relevante porque mostra que a inovação deixou de ser apenas “um equipamento na máquina” e passou a exigir integração de informações em fluxo contínuo, com ferramentas digitais que sustentam rastreabilidade, repetição do método e avaliação do efeito do manejo.

Essa integração também ajuda a explicar por que parte dos resultados relatados no país aponta para adoção parcial e, muitas vezes, descontínua. Bassoi et al. (2019) registram que a Agricultura de Precisão pode ser entendida como um ciclo que inicia na coleta de dados, segue por análise e interpretação, gera recomendações, aplica no campo e avalia resultados, e que os desafios mais frequentes incluem dificuldade de compreender causas da variabilidade, falta de recomendações agronômicas específicas para taxa variável, custo elevado do mapeamento em



escala desejável, falta de procedimentos padronizados e carência de mão de obra especializada em diferentes níveis. Na prática, o que aparece como resultado é que, quando uma dessas etapas falha, o produtor tende a manter apenas o que dá retorno mais imediato, como piloto automático ou aplicações pontuais, sem consolidar o ciclo completo que sustenta ganhos consistentes ao longo das safras.

Tabela 5. Cadeia do dado na Agricultura de Precisão e pontos de controle que condicionam o resultado no campo

Etapa do ciclo	O que a etapa entrega	Evidência na literatura	Ponto crítico que determina sucesso
Coleta	dados georreferenciados de solo, planta, clima e operação	a AP depende de dados georreferenciados e digitalizados como base estrutural	representatividade amostral e calibração
Armazenamento	histórico organizado por talhão e safra	a coleta e armazenamento integram a AP ao contexto da agricultura digital	padronização e segurança da informação
Transmissão	fluxo de dados do campo para análise	termos como conectividade, nuvem e internet das coisas são associados ao avanço	conectividade efetiva no campo
Análise	transformação do dado em diagnóstico	a análise é etapa central do ciclo e exige entendimento das causas da variabilidade	capacitação técnica e qualidade do dado
Recomendação	prescrição e decisão gerencial	falta de curvas e recomendações específicas limita taxa variável	validação agronômica e econômica
Aplicação	execução em taxa variável, automação e operação	avanço de equipamentos e sensores impulsiona eficiência operacional	compatibilidade e ajuste do equipamento
Avaliação	medição do efeito do manejo	ciclo inclui avaliação de resultados para retroalimentar a decisão	indicadores e rotina de verificação

Fonte: elaboração própria a partir de Bassoi et al. (2019).

Ao observar as limitações estruturais, a conectividade aparece como um condicionante que atravessa todas as etapas, porque afeta desde a transmissão até a viabilidade de plataformas em nuvem e serviços digitais. Massruhá e Leite (2016) apontam que a dificuldade de acesso à internet ainda se configura como um limitante para o avanço do digital no meio rural, o que se relaciona diretamente à capacidade de integrar dados e manter continuidade no uso das ferramentas. Esse achado ajuda a interpretar por que a agricultura digital tende a avançar primeiro em regiões com



infraestrutura mais robusta e em cadeias produtivas com maior oferta de serviços, enquanto em áreas com baixa conectividade o uso frequentemente se concentra em soluções offline ou em etapas isoladas do processo.

Além da infraestrutura, os resultados mostram que a adoção depende de fatores que não são apenas técnicos. Bernardi e Inamasu (2014) organizam determinantes da adoção em grupos que incluem dimensões institucionais, informativas, percepção do produtor, comportamentais e tecnológicas, indicando que o uso real da Agricultura de Precisão é moldado por acesso a serviços, assistência, expectativa de rentabilidade e capacidade de lidar com mapas, computador e geração de recomendações. Quando esse conjunto é desfavorável, a tecnologia tende a entrar como “produto” e não como “processo”, gerando subutilização e perda de continuidade, mesmo quando a fazenda já investiu em equipamentos.

Tabela 6. Fatores que condicionam adoção e continuidade da Agricultura de Precisão no Brasil segundo evidências documentais.

Dimensão condicionante	Exemplos do que pesa na prática	Como aparece no resultado observado
Institucional	distância de fornecedores e serviços, ambiente regional de inovação	dependência de terceiros e dificuldade de manter rotina de AP
Informativa	consultores e extensão, orientação técnica disponível	melhora quando há suporte contínuo e linguagem aplicável
Percepção do produtor	expectativa de rentabilidade e retorno	adoção cresce quando o ganho é mensurável por safra
Comportamental	disposição para mudar rotinas e registrar dados	sem rotina, a AP vira evento e não sistema
Tecnológica	mapas, informática, irrigação, geração de recomendações	gargalo frequente na análise e na recomendação

Fonte: elaboração própria a partir de Bernardi e Inamasu (2014).

Por fim, a síntese dos resultados reforça que o papel das inovações tecnológicas na Agricultura de Precisão é ampliar a capacidade de gerir a variabilidade com decisões rastreáveis e ajustáveis, mas que esse potencial só se materializa quando tecnologia e gestão caminham juntas. Esse entendimento dialoga com o enquadramento institucional de que a Agricultura de Precisão é um sistema de gerenciamento baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas e voltado à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente, o que exige método, não apenas equipamento. (Brasil, 2009).



o conjunto das evidências sugere que as inovações tecnológicas na agricultura de precisão geram efeitos diferentes conforme o porte e a organização da propriedade, porque variam o nível de dados disponível, a capacidade de operar equipamentos, o acesso a serviços e a rotina de registro. No contexto brasileiro, parte relevante da adoção acontece por terceirização, principalmente em etapas que exigem tecnologia e equipe especializada, como amostragem georreferenciada, geração de mapas e algumas operações com prescrição, o que faz com que a agricultura de precisão funcione, em muitos casos, como um arranjo híbrido entre “tecnologia na fazenda” e “serviço contratado”, com ganhos mais imediatos quando o produtor consegue medir o resultado e repetir o processo safra após safra. Esse padrão é coerente com a compreensão de que a agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento baseado na variabilidade, mas dependente de método, qualidade de dados e avaliação. (Brasil, 2009). (Coelho, 2005).

Quando se observa o perfil do público rural que busca digitalização, surgem indícios de que grande parte dos estabelecimentos está em faixas de área relativamente menores, o que reforça a necessidade de estratégias tecnológicas com custo controlado e apoio prático. Em pesquisa divulgada pelo Sebrae, a maioria dos respondentes indicou áreas de até 50 ha, com forte presença de pecuária, o que ajuda a explicar por que soluções digitais e de agricultura de precisão precisam ser escalonáveis, simples e adaptáveis à realidade do produtor, e não apenas desenhadas para grandes áreas mecanizadas. (Sebrae, 2021). Nesse cenário, o resultado mais consistente aparece quando a propriedade começa pelo mínimo viável, com georreferenciamento básico, registro de operações e diagnóstico pontual do solo, e avança gradualmente para mapas e intervenções localizadas conforme a capacidade de operação e de interpretação cresce, mantendo o foco na tomada de decisão e no controle do custo por hectare. (Coelho, 2005).

Tabela 7. Síntese aplicada de adoção por porte e condição operacional no Brasil

Perfil e condição mais comum	Entrada tecnológica mais viável	Onde a tecnologia costuma gerar retorno primeiro	Risco de subutilização mais frequente
Pequeno produtor com baixa conectividade	diagnóstico simples, registro de operações, serviços pontuais de mapeamento	redução de perdas, organização do manejo, decisões por áreas críticas	comprar ferramenta sem rotina de uso e sem assistência contínua
Médio produtor com mecanização consolidada	amostragem georreferenciada, mapas de variabilidade, início de taxa variável	economia de insumos, padronização operacional,	depende do prestador e não internalizar a leitura e a decisão



Perfil e condição mais comum	Entrada tecnológica mais viável	Onde a tecnologia costuma gerar retorno primeiro	Risco de subutilização mais frequente
		melhoria de eficiência por talhão	
Grande produtor com alta intensidade operacional	integração de dados, telemetria, padronização de processos e plataformas digitais	rastreabilidade, escala de decisão, resposta mais rápida a anomalias	“ilha de dados” por falta de integração entre sistemas e equipes

Fonte: elaboração própria a partir de Coelho (2005) e Brasil (2009), com contextualização do perfil produtivo discutido em Sebrae (2021).

Outro resultado relevante é que, à medida que a inovação avança, cresce a dependência de dados de observação da Terra e de infraestrutura pública de imagens, o que aumenta a capacidade de monitorar lavouras e paisagens com regularidade. Informações institucionais do INPE indicam que o Programa CBERS, no lado brasileiro coordenado pelo instituto, distribuiu gratuitamente milhões de imagens e sustenta aplicações que incluem o monitoramento ambiental e o suporte a decisões em diferentes setores, o que amplia o acesso a insumos informacionais importantes para análises espaciais no país. (INPE, 2025). Esse tipo de base pública de dados fortalece a agricultura de precisão por permitir que produtores, cooperativas, consultorias e políticas públicas trabalhem com informação espacial contínua, o que se torna especialmente estratégico quando o custo de imagens privadas ou de levantamentos de alta frequência é uma barreira. (INPE, 2025).

No campo das inovações recentes, os resultados também apontam que a digitalização do agro não se limita à adoção de equipamentos, mas envolve ecossistemas de serviços, startups e integração de soluções. Um exemplo disso é o recorte do “estado atual da agricultura digital no Brasil” divulgado em documento do Sebrae, que descreve o crescimento de AgTechs e iniciativas de inovação voltadas às cadeias do agro, sinalizando que a inovação chega ao campo tanto por máquinas quanto por software, plataformas e serviços especializados. (Sebrae, 2021). A implicação prática é que, para médios e grandes produtores, a eficiência passa a depender de governança da informação, com padrões internos mínimos de registro e validação, para evitar que sensores, mapas e telemetria gerem volume sem gerar decisão, mantendo a coerência entre dado, recomendação, aplicação e avaliação. (Basso et al., 2019).

Tabela 8. Indicadores simples para verificar resultado e evitar “tecnologia sem decisão”



Dimensão do resultado	Indicador verificável por safra	Como interpretar no manejo
Eficiência de insumos	dose média aplicada por zona e custo por hectare	redução de dose só é ganho se não houver queda de desempenho na zona
Qualidade operacional	sobreposição e falhas em operações mecanizadas	melhora indica ganho de eficiência mesmo antes de VRT avançado
Resposta à variabilidade	diferença de produtividade entre zonas ao longo do tempo	redução de extremos sugere manejo mais ajustado às limitações locais
Continuidade do uso	percentual de talhões com histórico completo de dados e intervenção	sem histórico, o ciclo não fecha e o ganho tende a ser episódico
Sustentabilidade prática	uso racional de água e defensivos por área monitorada	tende a melhorar com diagnóstico e aplicação mais localizada

Fonte: elaboração própria a partir do ciclo de gestão discutido em Coelho (2005) e do enquadramento de agricultura de precisão e digitalização apresentado por Basso et al. (2019).

Como síntese final desta parte, os resultados mostram que a inovação tecnológica, para produzir efeito duradouro na agricultura de precisão, precisa se traduzir em rotina gerencial e operacional, com entrada gradual, indicadores simples e capacidade de repetir o método com qualidade. Em pequenas propriedades, isso tende a ocorrer por soluções mais enxutas e apoio de serviços, enquanto em médias e grandes propriedades o resultado depende mais de integração, governança de dados e padronização do processo decisório, evitando subutilização e mantendo a tecnologia como instrumento de gestão, e não como custo fixo sem retorno. (Sebrae, 2021).

CONCLUSÕES

Os resultados discutidos ao longo deste trabalho indicam que as inovações tecnológicas associadas à Agricultura de Precisão, no contexto brasileiro, não se resumem à aquisição de equipamentos modernos, mas à construção de um sistema de gerenciamento capaz de reconhecer e tratar a variabilidade espacial e temporal do solo, da planta e das operações. A literatura evidencia que o avanço efetivo ocorre quando dados georreferenciados, obtidos por amostragens, sensores e imagens, são transformados em informação útil para decisão e, em seguida, em intervenções executáveis no campo, com verificação de resultados e ajustes contínuos ao longo das safras. Nesse sentido, a Agricultura de Precisão consolida-se como estratégia de eficiência econômica e



ambiental ao buscar racionalizar o uso de corretivos, fertilizantes e defensivos, sem perder de vista produtividade e estabilidade do sistema produtivo. (Brasil, 2009)

Também se conclui que o ciclo técnico da Agricultura de Precisão ganha força com a integração a elementos da agricultura digital, sobretudo quando a propriedade passa a armazenar, organizar e analisar informações com apoio de plataformas e rotinas de registro. Contudo, os achados apontam que a tecnologia, por si só, não garante ganhos consistentes, já que a continuidade depende de conectividade, capacitação e governança mínima de dados para evitar que mapas e medições gerem volume sem gerar decisão. A própria dificuldade de acesso à internet no meio rural aparece como fator limitante para ampliar o uso de serviços digitais e manter fluxo contínuo de informação, o que reforça a necessidade de estratégias de adoção compatíveis com a infraestrutura disponível em cada região. (Massruhá, 2016).

No conjunto das tecnologias analisadas, observa-se que o georreferenciamento e a navegação de precisão costumam oferecer retorno operacional mais imediato, ao reduzir sobreposições e falhas e ao padronizar rotinas mecanizadas, enquanto a aplicação em taxa variável tende a exigir maior maturidade do processo, desde amostragem e interpretação até prescrição e calibração do equipamento. Ainda assim, a taxa variável aparece como uma das formas mais concretas de materializar o manejo localizado, sobretudo em correção e fertilização, embora seu desempenho dependa de qualidade amostral, densidade adequada e recomendações agronômicas coerentes com as condições do talhão. (MONICO, 2008). (Resende, 2010). Da mesma forma, drones se destacam como inovação relevante para monitoramento e para operações específicas, especialmente em cenários de acesso difícil ou necessidade de rapidez, mas a evidência técnica sugere que sua adoção precisa considerar limitações operacionais, custo, autonomia e exigências técnicas, evitando tratá-los como solução universal para qualquer propriedade. (Castaldo, 2023). Em paralelo, o acesso a dados públicos de observação da Terra fortalece a base informacional do país e amplia oportunidades para análises espaciais com menor custo, o que pode ser estratégico para cooperativas, assistência técnica e políticas de difusão tecnológica. (INPE, 2025).

Por fim, conclui-se que o impacto das inovações tecnológicas na Agricultura de Precisão tende a ser maior quando a implementação é gradual, orientada por metas e indicadores simples e adaptada ao porte e à organização do produtor, evitando investimentos desconectados da rotina de manejo. Em pequenas propriedades, soluções enxutas, apoio de serviços e capacitação prática podem viabilizar ganhos iniciais, enquanto em propriedades médias e grandes a prioridade passa a ser integração de sistemas, padronização de processos e controle do ciclo completo, do dado à



avaliação econômica. (Sebrae, 2021). Assim, as inovações tecnológicas estudadas confirmam potencial para elevar produtividade e eficiência e reduzir desperdícios, mas apenas quando a tecnologia é incorporada como método de gestão, com continuidade, validação em campo e capacidade de aprender com os próprios resultados. (Coelho, 2005).

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que o trabalho não possui conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; VAZ, Carlos Manoel Pedro; SPERANZA, Eduardo Antonio; CRUVINEL, Paulo Estevão. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, São Paulo, n. 20, p. 17-36, jul./dez. 2019. DOI: 10.23925/1984-3585.2019i20p17-36. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2025.

BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; INAMASU, Ricardo Yassushi. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, José de M.; RESENDE, Álvaro V.; BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi (ed. téc.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 559-577. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 31 p. Disponível em: Acesso em: 10 set. 2025.

BUAINAIN, Antônio Márcio; CAVALCANTE, Pedro; CONSOLINE, Letícia. **Estado atual da agricultura digital no Brasil: inclusão dos agricultores familiares e pequenos produtores rurais**. Santiago: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2021. (Documentos de Projetos, LC/TS.2021/61). Disponível em: Acesso em: 10 set. 2025.

CASTALDO, João Henrique. Revolucionando a agricultura pelos céus: explorando o potencial dos drones de pulverização na agricultura de precisão. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 40, e27284, 2023. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2023.v40.27284. Disponível em: Acesso em: 10 set. 2025.

COELHO, Antonio Marcos. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 60 p. (Documentos, 46). Disponível em: Acesso em: 10 nov. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
GREGO, Célia Regina; ARAUJO, Luciana Spinelli de; VICENTE, Luiz Eduardo; NOGUEIRA, Sandra Furlan; MAGALHÃES, Paulo Sergio Graziano; et al. Agricultura de precisão em cana-



de-açúcar. In: BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, José de M.; RESENDE, Álvaro V.; BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi (ed. téc.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 442-456. Disponível em: Acesso em: 12 nov. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Catálogo de programas e projetos: programas e projetos incluídos no portfólio institucional de iniciativas, julho de 2025**. São José dos Campos: INPE, 2025. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2025.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, Maria Angélica de Andrade. Agricultura digital. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 1, p. 72-88, 2016. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MOLIN, José Paulo; AMARAL, Lucas Rios do; COLAÇO, André Freitas. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2010.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.
SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Agricultura de precisão: conceitos**. Brasília, DF: Senar, 2019. (Coleção Senar, 244). Disponível em: Acesso em: 15 out. 2025.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2007.