

**ANÁLISE DE DADOS
USANDO INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL: UM MODELO
QUANTITATIVO PARA
TOMADA DE DECISÃO NA
OTIMIZAÇÃO DA
AGRICULTURA FAMILIAR
EM RONDÔNIA**

**DATA ANALYSIS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A QUANTITATIVE
MODEL FOR DECISION MAKING IN THE OPTIMIZATION OF FAMILY
FARMING IN RONDÔNIA**

Ciências Agrárias, Ciências Sociais Aplicadas • 13/08/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/786588416](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/786588416)

Aline Mikos¹

David Lopes Maciel²

Adjalma Campos de França Neto³

Fábio Robson Casara Cavalcante⁴

Fabício Moraes de Almeida⁵

RESUMO

O artigo científico tem por finalidade demonstrar que a transformação digital da agricultura depende não é apenas da incorporação de tecnologias, mas também a existência de análise de banco de dados usando IA organizados, consistentes e capazes de representar as dimensões produtivas, econômicas e sociais dos sistemas rurais. Dessa forma, apresenta um modelo analítico e quantitativo aplicável à agricultura familiar, construído a partir dos registros do Sistema de Informação e Gerenciamento da Assistência Técnica e Extensão Rural da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia — SIGATER/EMATER-RO, referentes ao período de 2020 a 2024. O objetivo foi demonstrar como a estruturação de bancos de dados institucionais em Indicadores-Chave de Desempenho pode produzir conhecimento territorial e estabelecer uma base para aplicações futuras de Inteligência Artificial no planejamento da Assistência Técnica e Extensão Rural. A pesquisa caracteriza-se como quantitativa, descritiva e aplicada, abrangendo os municípios atendidos pelas sete Regionais Administrativas da EMATER-RO. O modelo foi organizado em dez indicadores, distribuídos nas dimensões produtiva, econômica e social e de resiliência, posteriormente integrados pelo Índice de Desenvolvimento da Agricultura Familiar. Os resultados evidenciaram crescimento da produção, da produtividade e da receita bruta, acompanhado por desigualdades territoriais, redução relativa da cobertura de atendimento, limitações na adoção do controle de custos, envelhecimento da população rural e manutenção de elevada diversificação produtiva. Conclui-se que a integração entre SIGATER, indicadores e análise territorial constitui uma camada de inteligência de dados que pode subsidiar sistemas de apoio à decisão, identificação de vulnerabilidades, priorização de atendimentos e desenvolvimento futuro de modelos

de Inteligência Artificial, desde que sejam asseguradas governança dos dados, atualização contínua e supervisão técnica e institucional.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Inteligência Artificial; Inteligência de dados; Assistência Técnica e Extensão Rural; Indicadores de desempenho.

ABSTRACT

This scientific article aims to demonstrate that the digital transformation of agriculture depends not only on the incorporation of technologies, but also on the existence of database analysis using AI, supported by organized and consistent datasets capable of representing the productive, economic, and social dimensions of rural systems. Thus, it presents an analytical and quantitative model applicable to family farming, built from the records of the Information and Management System for Technical Assistance and Rural Extension of the Technical Assistance and Rural Extension Company of the State of Rondônia — SIGATER/EMATER-RO, covering the period from 2020 to 2024. The objective was to demonstrate how structuring institutional databases into Key Performance Indicators can produce territorial knowledge and establish a foundation for future Artificial Intelligence applications in the planning of Technical Assistance and Rural Extension. The research is characterized as quantitative, descriptive, and applied, encompassing the municipalities served by the seven Administrative Regions of EMATER-RO. The model was organized into ten indicators, distributed across the productive, economic, social, and resilience dimensions, which were subsequently integrated by the Family Farming Development Index. The results evidenced growth in production, productivity, and gross revenue, accompanied by territorial inequalities, a relative reduction in service coverage, limitations in adopting cost controls, the aging of the rural

population, and the maintenance of high productive diversification. It is concluded that the integration among SIGATER, indicators, and territorial analysis constitutes a data intelligence layer that can subsidize decision support systems, the identification of vulnerabilities, the prioritization of services, and the future development of Artificial Intelligence models, provided that data governance, continuous updating, and technical and institutional oversight are ensured.

Keywords: Family farming; Artificial Intelligence; Data intelligence; Technical assistance and rural extension; Performance indicators.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura familiar ocupa posição central na estrutura econômica, produtiva e social do meio rural brasileiro. Além de contribuir para a produção de alimentos, geração de renda e ocupação dos territórios, esse segmento mantém relações específicas entre trabalho, propriedade, família e comunidade, diferenciando-se dos sistemas empresariais de maior escala. Sua importância não pode ser avaliada exclusivamente pelo volume produzido, pois envolve também segurança alimentar, reprodução social, diversificação produtiva, preservação de conhecimentos locais e permanência das famílias no campo (PLOEG, 2008; SCHNEIDER, 2010).

Em Rondônia, essa relevância é particularmente expressiva. Segundo o Censo Agropecuário, aproximadamente 81% dos estabelecimentos agropecuários do estado são classificados como pertencentes à agricultura familiar. Embora representem a maioria das unidades produtivas, esses estabelecimentos ocupam proporção menor da área agropecuária estadual, revelando a coexistência entre pequenas unidades familiares e grandes

propriedades direcionadas à pecuária extensiva e às commodities agrícolas (IBGE, 2019). Essa configuração territorial produz diferentes condições de acesso à terra, infraestrutura, mercados, crédito, tecnologia e assistência técnica.

A heterogeneidade também se manifesta entre as Regionais Administrativas da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia — EMATER-RO. Os territórios atendidos apresentam diferenças relacionadas à estrutura fundiária, proximidade da BR-364, presença de cadeias produtivas consolidadas, disponibilidade de serviços públicos, logística de comercialização, organização coletiva e cobertura da Assistência Técnica e Extensão Rural — ATER. Consequentemente, o desempenho da agricultura familiar não ocorre de maneira homogênea no território estadual (CASARA, 2022; CASTRO, 2017; SILVA, 2018).

A ATER exerce função estratégica nesse contexto. Sua atuação não se limita à transferência de orientações técnicas, pois envolve planejamento produtivo, acesso a políticas públicas, organização econômica, inclusão social, regularização, comercialização e acompanhamento das Unidades de Produção Familiar. A continuidade da assistência técnica influencia a capacidade de adoção de tecnologias, controle dos custos, diversificação, melhoria da produtividade e inserção nos mercados (VIEIRA FILHO, 2022).

Entretanto, o planejamento da ATER em territórios extensos e heterogêneos exige mais do que registros administrativos isolados. É necessário transformar os dados gerados durante o atendimento aos produtores em informações comparáveis e úteis à gestão pública. Nesse processo, sistemas institucionais como o SIGATER assumem

importância crescente, uma vez que reúnem registros sobre produção, produtividade, receitas, preços, práticas de gestão, famílias atendidas e características sociodemográficas.

A existência de uma base de dados, contudo, não produz automaticamente conhecimento. Para que os registros institucionais subsidiem decisões, eles precisam ser tratados, padronizados, contextualizados e convertidos em indicadores. Os Indicadores-Chave de Desempenho, ou Key Performance Indicators — KPIs, permitem reduzir a complexidade de diferentes fenômenos a medidas observáveis, possibilitando acompanhar tendências, comparar territórios e identificar desigualdades, potencialidades e gargalos institucionais (BATALHA; BUAINAIN; SOUZA FILHO, 2005; DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002).

Essa estrutura também representa uma etapa necessária para a utilização da Inteligência Artificial no meio rural. Sistemas de IA dependem da existência de dados organizados, variáveis claramente definidas, padrões históricos e critérios de interpretação. Sem essas condições, a aplicação de ferramentas automatizadas pode reproduzir inconsistências, produzir classificações inadequadas ou gerar recomendações desconectadas da realidade territorial.

Portanto, a aplicação de Inteligência Artificial à agricultura familiar não deve começar pela escolha de um algoritmo, mas pela construção de uma arquitetura confiável de dados e indicadores. Tecnologias computacionais somente produzem resultados úteis quando operam sobre bases com qualidade, rastreabilidade e significado institucional. A transformação digital da extensão rural exige, assim, a articulação entre conhecimento técnico, governança

dos dados, análise territorial e capacidade de interpretação humana (EMBRAPA, 2022; GONÇALVES et al., 2022).

A Food and Agriculture Organization of the United Nations destaca que a automação e as tecnologias digitais podem contribuir para a transformação dos sistemas agroalimentares, desde que sua adoção considere as desigualdades de acesso, as especificidades dos produtores e a necessidade de inclusão dos segmentos de menor escala (FAO, 2022). Na agricultura familiar, essa precaução é especialmente relevante, porque as unidades produtivas diferem quanto à infraestrutura, escolaridade, conectividade, disponibilidade de capital e capacidade de adoção tecnológica.

Nesse sentido, a Inteligência Artificial deve ser compreendida como ferramenta de apoio, e não como substituta do conhecimento dos agricultores, dos extensionistas e dos gestores. Sua utilização pode ampliar a capacidade de organizar grandes volumes de informações, reconhecer padrões, produzir alertas e apoiar a priorização de ações, mas a interpretação dos resultados permanece dependente do contexto social, produtivo e territorial.

A pesquisa que fundamenta este capítulo analisou dados da agricultura familiar de Rondônia registrados pela EMATER-RO entre 2020 e 2024. A estrutura analítica foi organizada em dez indicadores, agrupados nas dimensões produtiva, econômica e social e de resiliência. Esses indicadores foram integrados pelo Índice de Desenvolvimento da Agricultura Familiar — IDAF, desenvolvido como instrumento de síntese e comparação territorial.

Diante disso, o objetivo deste capítulo é apresentar a estrutura de dados, indicadores e análise territorial desenvolvida a partir do

SIGATER/EMATER-RO e discutir como esse modelo pode constituir a base informacional para aplicações futuras de Inteligência Artificial na agricultura familiar. Não se pretende apresentar um sistema de IA já implementado, mas demonstrar o percurso necessário para transformar registros institucionais em inteligência de dados e, posteriormente, em suporte tecnológico à tomada de decisão.

2. AGRICULTURA FAMILIAR, INTELIGÊNCIA DE DADOS E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

2.1. Agricultura Familiar e Desenvolvimento Territorial

A agricultura familiar constitui uma categoria heterogênea, formada por unidades produtivas com diferentes níveis de capitalização, disponibilidade de terra, organização econômica e acesso às políticas públicas. Essa diversidade impede que seu desempenho seja explicado por uma única variável. Produção, renda, produtividade e área cultivada são importantes, mas não representam isoladamente as condições de desenvolvimento das famílias rurais.

Para Schneider (2010), a agricultura familiar precisa ser compreendida a partir de suas relações econômicas, sociais e territoriais. As decisões produtivas são influenciadas pela disponibilidade de trabalho familiar, pelas condições de mercado, pelos recursos naturais, pela infraestrutura e pelas instituições presentes no território. Assim, duas unidades com produção semelhante podem apresentar condições econômicas e sociais muito diferentes.

Ploeg (2008) ressalta que as unidades familiares desenvolvem estratégias de autonomia, adaptação e diversificação para enfrentar

oscilações de preços, riscos climáticos e dependência dos mercados. Essa capacidade de adaptação explica por que a diversificação produtiva deve ser considerada uma dimensão do desenvolvimento rural, e não apenas uma característica agronômica.

Sistemas produtivos diversificados tendem a distribuir riscos entre diferentes atividades e períodos do ano. A presença simultânea de culturas agrícolas, criação animal, horticultura, fruticultura e atividades de beneficiamento pode ampliar as fontes de renda e reduzir a vulnerabilidade das famílias diante de perdas de safra ou redução dos preços de determinada cadeia produtiva (ALTIERI; NICHOLLS, 2017).

Em Rondônia, as diferenças entre os territórios foram constituídas ao longo do processo histórico de ocupação e expansão das atividades agropecuárias. A BR-364 exerceu papel central na formação dos núcleos urbanos, no direcionamento dos fluxos produtivos e na integração das regiões aos mercados. Os territórios próximos aos principais eixos rodoviários possuem, em geral, melhores condições de escoamento, acesso a serviços e articulação comercial, enquanto áreas mais distantes enfrentam custos logísticos e limitações de atendimento maiores (CASARA, 2022).

Além da infraestrutura, a presença institucional interfere no desempenho regional. A disponibilidade de extensionistas, a continuidade dos serviços e a capacidade operacional das unidades locais da EMATER-RO condicionam a abrangência do atendimento. A redução do quadro técnico pode diminuir a frequência das visitas, limitar o acompanhamento das atividades e dificultar a atualização dos registros.

Portanto, analisar a agricultura familiar exige articular diferentes escalas. A unidade produtiva constitui o espaço imediato de produção e decisão; o município concentra serviços e mercados locais; a Regional organiza a atuação institucional; e o estado formula políticas e distribui recursos. Um modelo analítico adequado precisa permitir a leitura integrada dessas escalas.

2.2. A Assistência Técnica e Extensão Rural Como Produtora de Dados

A ATER constitui uma política pública essencial para a difusão de conhecimentos, acesso a programas governamentais, melhoria dos sistemas produtivos e fortalecimento das organizações rurais. Ao acompanhar as famílias, os extensionistas também registram informações sobre atividades desenvolvidas, área, produção, renda, perfil dos beneficiários e demandas técnicas.

Esses registros possuem valor que ultrapassa a comprovação administrativa dos atendimentos. Quando organizados ao longo do tempo, eles permitem identificar transformações produtivas, acompanhar o alcance das políticas públicas e avaliar o comportamento de diferentes territórios.

O SIGATER reúne informações geradas no âmbito da atuação da EMATER-RO. Sua base de dados possibilita acompanhar diferentes aspectos da agricultura familiar, como volume produzido, práticas agroecológicas, produtividade, receita, adoção de instrumentos de gestão, preços, famílias beneficiárias e perfil sociodemográfico.

Entretanto, o valor analítico do sistema depende da qualidade do preenchimento, da padronização das unidades e da atualização regular das informações. Registros incompletos, duplicados ou

realizados com critérios diferentes reduzem a comparabilidade entre municípios e anos. A governança dos dados, portanto, deve ser entendida como componente da própria política de ATER.

Gonçalves et al. (2022) destacam que a governança de dados permite estabelecer critérios para coleta, validação, armazenamento, acesso e uso das informações. No âmbito da gestão pública rural, essa governança favorece o monitoramento territorial e a construção de políticas baseadas em evidências.

A transformação digital da extensão rural não consiste apenas em substituir formulários impressos por sistemas eletrônicos. Ela ocorre quando os dados registrados passam a sustentar diagnósticos, planejamento, monitoramento e avaliação. O avanço tecnológico depende, assim, da integração entre infraestrutura digital, capacitação dos servidores, qualidade da informação e utilização dos resultados pela gestão.

2.3. Indicadores Como Ponte Entre os Dados e a Decisão

Indicadores são instrumentos utilizados para representar fenômenos complexos de maneira sintética e comparável. Sua construção envolve selecionar variáveis, estabelecer critérios de cálculo e definir o significado de cada medida no contexto analisado.

Na agricultura familiar, a utilização de um único indicador pode produzir interpretações parciais. Um território com elevada produção pode apresentar baixa rentabilidade, concentração em poucas atividades ou reduzida cobertura de assistência técnica. Da mesma forma, uma Regional com menor volume produzido pode possuir elevada diversificação, melhor organização financeira ou maior participação de mulheres e jovens.

A utilização de um conjunto integrado de indicadores permite observar essas diferenças. Os KPIs transformam os registros operacionais em informações capazes de responder a perguntas de gestão: onde a produtividade está crescendo? Quais Regionais apresentam maior concentração econômica? Onde a cobertura da ATER está diminuindo? Quais grupos possuem menor inserção? Em quais territórios a diversificação produtiva contribui para maior resiliência?

De acordo com Deponti, Eckert e Azambuja (2002), a construção de indicadores deve considerar a capacidade de representar o fenômeno, a disponibilidade dos dados, a clareza do cálculo e a utilidade para os usuários. Um indicador tecnicamente sofisticado, mas incompreensível para gestores e extensionistas, possui menor capacidade de orientar decisões.

O modelo desenvolvido a partir do SIGATER buscou combinar essas características, organizando indicadores produtivos, econômicos e sociais. Essa estrutura possibilitou transformar diferentes variáveis em um diagnóstico territorial integrado e comparável.

2.4. Da Inteligência de Dados à Inteligência Artificial

A inteligência de dados corresponde ao processo de transformar registros em informações interpretáveis e úteis à decisão. Esse processo envolve coleta, tratamento, padronização, construção de indicadores, comparação, contextualização e comunicação dos resultados.

A Inteligência Artificial acrescenta a possibilidade de utilizar métodos computacionais para reconhecer padrões, classificar situações, estimar tendências e apoiar decisões. Contudo, a

qualidade das respostas geradas depende diretamente dos dados utilizados. Quando as informações são incompletas ou representam apenas determinados grupos, os resultados também podem ser incompletos ou enviesados.

Na agricultura familiar, esse risco deve ser tratado com atenção. Unidades localizadas em áreas de difícil acesso, produtores com menor conectividade ou famílias atendidas com menor frequência podem aparecer menos na base institucional. Um sistema automatizado poderia interpretar a ausência de registros como ausência de atividade ou necessidade, quando, na realidade, ela pode indicar menor cobertura da política pública.

Por essa razão, a aplicação de IA deve ser precedida pela análise da representatividade dos dados. Também deve manter a participação dos extensionistas, gestores e agricultores na validação dos resultados. O conhecimento territorial acumulado por esses atores é indispensável para distinguir padrões reais de falhas de registro.

No modelo proposto, a passagem dos dados à IA pode ser compreendida como um percurso constituído por seis etapas: registro institucional, tratamento e padronização, cálculo dos indicadores, análise territorial, produção de conhecimento e suporte à decisão.

Figura 1. Do banco de dados institucional à aplicação de Inteligência Artificial na agricultura familiar.



Fonte: Elaboração da autora, com base nos resultados da pesquisa (2026).

A Figura 1 não representa um algoritmo já implementado. Ela apresenta uma arquitetura conceitual na qual os dados e indicadores desenvolvidos constituem a camada necessária para aplicações futuras de Inteligência Artificial.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da Pesquisa

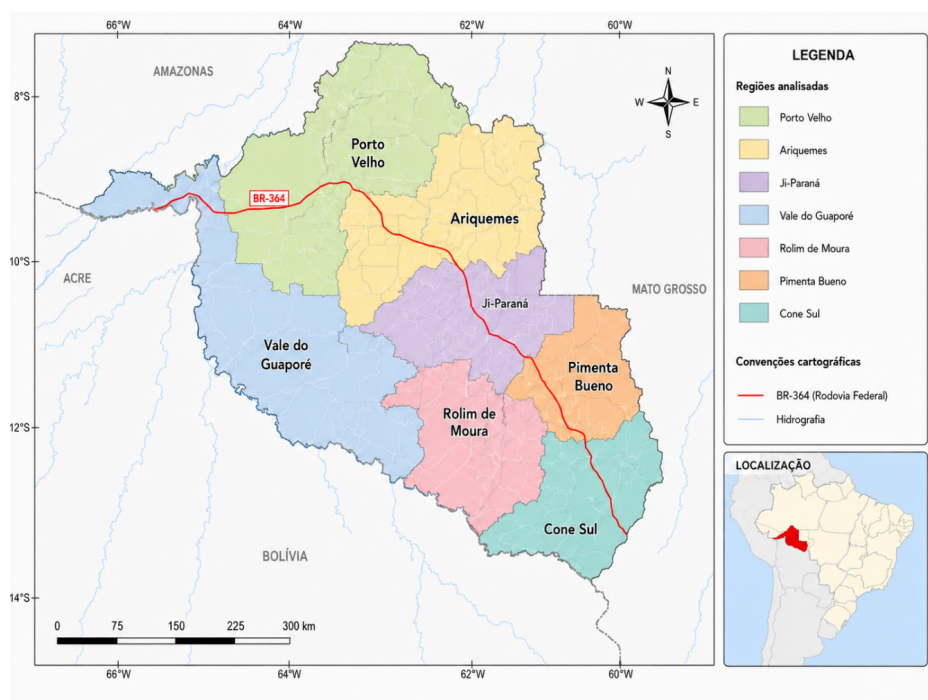
A pesquisa caracteriza-se como quantitativa, descritiva e aplicada. É quantitativa porque utiliza dados numéricos para mensurar indicadores produtivos, econômicos e sociais. É descritiva por identificar comportamentos temporais e diferenças entre os territórios. É aplicada porque busca produzir um instrumento capaz de apoiar o planejamento, o monitoramento e a gestão da agricultura familiar.

Foram utilizados dados secundários anonimizados da EMATER-RO, provenientes do SIGATER, referentes ao período de 1º de janeiro de

2020 a 31 de dezembro de 2024. A utilização dos registros institucionais permitiu construir uma série histórica de cinco anos e analisar diferenças entre as Regionais Administrativas.

O recorte territorial compreendeu os municípios e distritos atendidos pela EMATER-RO, organizados em sete Regionais: Porto Velho, Ariquemes, Ji-Paraná, Vale do Guaporé, Rolim de Moura, Pimenta Bueno e Cone Sul. Os distritos foram agregados aos municípios e às respectivas unidades regionais de referência, respeitando a estrutura administrativa utilizada pela instituição.

Figura 2. Localização da área de estudo e Regionais Administrativas da EMATER-RO



Fonte: Elaborada pela autora com base em SEDAM (2018), INCRA (2021), IBGE (2023), FUNAI (2024) e EMATER-RO/SIGATER (2020–2024).

3.2. Tratamento e Organização da Base

A preparação da base envolveu limpeza, identificação de registros duplicados, verificação de inconsistências e padronização das

unidades de medida. Informações de produção foram harmonizadas em unidades comparáveis, assim como área em hectares e valores econômicos em reais.

Os registros foram organizados por ano, município, Regional e atividade produtiva. Essa estratificação possibilitou construir séries temporais e comparar os resultados entre os territórios.

Os dados classificados como “sem resposta” foram identificados e considerados na interpretação dos indicadores proporcionais. A ausência de resposta não foi tratada automaticamente como resposta negativa, pois poderia representar falha de preenchimento ou indisponibilidade da informação.

Também foram observadas limitações na disponibilidade de algumas variáveis. No caso dos custos de produção, a base não apresentou valores monetários completos para todas as unidades analisadas. Por esse motivo, o indicador originalmente associado ao custo total foi operacionalizado, na análise final, como adoção do controle de custos, calculada a partir das respostas sobre a utilização do módulo ou de práticas de controle financeiro.

Essa adaptação é metodologicamente importante. A adoção do controle de custos não representa o valor efetivamente gasto na produção, mas expressa o nível de utilização de informações econômicas e a maturidade gerencial das unidades acompanhadas. Consequentemente, a rentabilidade bruta deve ser interpretada como aproximação analítica da eficiência econômica, e não como resultado contábil completo de cada propriedade.

3.3. Estrutura dos Indicadores-Chave de Desempenho

A estrutura operacional consolidada foi composta por dez indicadores organizados em três dimensões complementares.

Quadro 1. Indicadores do modelo analítico da agricultura familiar.

Dimensão	Indicador	Função analítica
Produtiva	KPI 1 – Produção total	Mensurar a escala produtiva dos territórios
Produtiva	KPI 2 – Produção agroecológica	Avaliar a participação e a distribuição das práticas agroecológicas
Produtiva	KPI 3 – Produtividade agropecuária	Mensurar a eficiência física da produção
Econômica	KPI 4 – Receita bruta	Avaliar a capacidade de geração de valor
Econômica	KPI 5 – Adoção do controle de custos	Representar a maturidade gerencial e informacional
Econômica	KPI 6 – Rentabilidade bruta	Aproximar a eficiência econômica dos sistemas produtivos
Econômica	KPI 7 – Preço médio ponderado	Avaliar o desempenho da comercialização e da agregação de valor
Social e de resiliência	KPI 8 – Número de famílias beneficiárias	Mensurar o alcance social e territorial da ATER
Social e de resiliência	KPI 9 – Perfil sociodemográfico	Caracterizar sexo, idade e escolaridade dos beneficiários
Social e de resiliência	KPI 10 – Diversificação de culturas	Avaliar a heterogeneidade produtiva e a resiliência dos territórios

Fonte: Elaborado pela autora com base em EMATER-RO/SIGATER (2020–2024).

Na dimensão produtiva, a produção total representa a escala das atividades registradas. A produção agroecológica permite acompanhar a participação das práticas declaradas como agroecológicas. A produtividade relaciona o volume produzido à área utilizada, oferecendo uma medida de eficiência física.

Na dimensão econômica, a receita bruta representa o valor gerado pelas atividades. A adoção do controle de custos demonstra o grau de incorporação de práticas de gestão. A rentabilidade bruta aproxima a capacidade de produzir excedentes econômicos, respeitadas as limitações dos registros de custos. O preço médio ponderado permite comparar a valorização dos produtos e as condições de comercialização.

Na dimensão social e de resiliência, o número de famílias beneficiárias mensura o alcance da ATER. O perfil sociodemográfico descreve a composição dos beneficiários por sexo, idade e escolaridade. A diversificação representa a variedade e a distribuição das atividades produtivas, associadas à capacidade de adaptação dos sistemas familiares.

Figura 3. Organização dos dez indicadores nas dimensões do modelo analítico.



Fonte: Elaboração da autora (2026).

3.4. Integração dos Indicadores e IDAF

Os indicadores possuem unidades e escalas diferentes. Para possibilitar sua integração, os valores foram convertidos para uma escala comum entre zero e um. A normalização permitiu comparar variáveis expressas em quantidade, porcentagem, produtividade, valores monetários e diversidade.

A integração foi realizada por meio do Índice de Desenvolvimento da Agricultura Familiar — IDAF. A dimensão produtiva recebeu peso de 0,35; a dimensão econômica, peso de 0,35; e a dimensão social e de resiliência, peso de 0,30. Os indicadores componentes de cada dimensão foram considerados de maneira equilibrada dentro do respectivo grupo.

O IDAF não substitui os indicadores individuais. Sua função é produzir uma medida sintética de desempenho territorial, enquanto os KPIs preservam a capacidade de identificar as razões que explicam cada resultado. Uma Regional pode apresentar índice agregado intermediário, por exemplo, e simultaneamente possuir elevada produtividade, baixa cobertura social e reduzida adoção do controle de custos.

Essa combinação entre síntese e detalhamento torna o modelo adequado à gestão pública. O índice permite visualizar o desempenho geral, enquanto os indicadores orientam a identificação de prioridades específicas.

3.5. Interpretação da Modelagem em Relação à Inteligência Artificial

A conexão com a Inteligência Artificial foi utilizada em nível conceitual e aplicado, considerando os indicadores como variáveis estruturadas capazes de alimentar, futuramente, sistemas computacionais de apoio à decisão.

Não foi realizado treinamento de algoritmo preditivo ou de classificação nesta etapa. A contribuição está na organização do problema, na definição das variáveis, na construção da série histórica e na formulação de critérios territoriais de análise.

O modelo estabelece quatro níveis de utilização:

1. Nível descritivo: demonstra o que ocorreu em cada indicador e território;
2. Nível diagnóstico: permite interpretar possíveis fatores associados aos resultados;
3. Nível de apoio à decisão: orienta prioridades, recursos e estratégias de atendimento;
4. Nível futuro de Inteligência Artificial: possibilita desenvolver modelos de classificação, identificação de padrões, emissão de

alertas e estimativa de tendências, desde que a base seja continuamente ampliada e validada.

A Inteligência Artificial aparece, portanto, como continuidade possível de uma estrutura de inteligência de dados, e não como substituta da análise territorial desenvolvida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dimensão Produtiva: Crescimento Acompanhado de Desigualdades Territoriais

Os resultados demonstraram expansão da produção da agricultura familiar no período analisado, mas essa evolução não ocorreu de forma homogênea entre as Regionais. As diferenças observadas revelam que o crescimento produtivo foi condicionado pela estrutura territorial, presença da assistência técnica, organização das cadeias, acesso aos mercados e condições logísticas.

Em 2024, a Regional Ji-Paraná registrou aproximadamente 257,7 milhões de unidades produtivas padronizadas, enquanto Porto Velho apresentou cerca de 82,9 milhões. Essas duas Regionais responderam conjuntamente por parcela expressiva da produção estadual acumulada, evidenciando concentração territorial. No mesmo ano, Cone Sul e Vale do Guaporé apresentaram volumes próximos de 5,6 milhões e 13 milhões, respectivamente.

A concentração não deve ser interpretada apenas como diferença de capacidade produtiva dos agricultores. Ela reflete condições estruturais distintas. Regionais com maior proximidade dos principais eixos de transporte, cadeias produtivas consolidadas e presença institucional mais ampla apresentam maiores

possibilidades de incorporar tecnologias, comercializar produtos e ampliar a produção.

A desigualdade produtiva também aumentou no período. O coeficiente de variação entre as Regionais passou de 0,42, em 2020, para 0,78, em 2024, demonstrando ampliação da distância entre os territórios. Esse resultado indica que o crescimento estadual, embora positivo, foi territorialmente seletivo.

Esse comportamento reforça a importância de não utilizar apenas o total estadual como referência para o planejamento. Uma média positiva pode ocultar Regionais com crescimento reduzido, instabilidade ou perda de participação. Para a gestão da ATER, a análise territorial permite identificar onde o crescimento está concentrado e onde permanecem limitações estruturais.

A produção agroecológica apresentou comportamento distinto. A participação relativa das respostas e áreas associadas às práticas agroecológicas passou de aproximadamente 11,97%, em 2020, para 8,95%, em 2024. Essa redução percentual não significa necessariamente retração absoluta da agroecologia, pois a produção convencional cresceu em ritmo mais acelerado durante o período.

O resultado indica que a expansão produtiva ocorreu principalmente por meio de cadeias já consolidadas. A manutenção e ampliação das práticas agroecológicas demandam políticas específicas, acompanhamento técnico, organização dos produtores, certificação, acesso a mercados diferenciados e valorização dos produtos.

A produtividade média ponderada apresentou trajetória geral de crescimento, com aceleração mais intensa a partir de 2022, ajuste em 2023 e novo avanço em 2024. A elevação da produtividade indica

aumento da eficiência física dos sistemas produtivos e pode estar associada à adoção de tecnologias, melhoria das práticas de manejo, qualificação dos produtores e acompanhamento da assistência técnica.

Entretanto, a produtividade precisa ser interpretada em conjunto com os demais indicadores. A elevação do volume por área não garante, isoladamente, maior renda, estabilidade econômica ou inclusão social. A produtividade pode crescer em cadeias com preços desfavoráveis, custos elevados ou concentração territorial.

No âmbito de futuras aplicações de Inteligência Artificial, os indicadores produtivos podem contribuir para a identificação de padrões de crescimento, estabilidade ou retração. Contudo, qualquer classificação automatizada deverá considerar as diferenças entre atividades, unidades de medida, condições climáticas e características territoriais. Comparações inadequadas entre cadeias produtivas distintas podem produzir interpretações equivocadas.

4.2. Dimensão Econômica: Geração de Valor e Maturidade Gerencial

A receita bruta estadual apresentou crescimento expressivo entre 2020 e 2022. Os valores passaram de aproximadamente R\$ 0,28 bilhão, em 2020, para R\$ 0,40 bilhão, em 2021, alcançando cerca de R\$ 0,58 bilhão em 2022. Nos anos seguintes, houve estabilização, com aproximadamente R\$ 0,56 bilhão em 2023 e R\$ 0,55 bilhão em 2024.

A trajetória indica que a agricultura familiar acompanhada pela EMATER-RO ampliou sua capacidade de geração de valor, especialmente nos três primeiros anos. A estabilização observada

posteriormente pode decorrer da combinação entre preços, volumes produzidos, comportamento das cadeias e condições econômicas mais amplas.

A distribuição regional da receita também revelou concentração. Ji-Paraná apresentou os maiores valores, seguida por Porto Velho e Ariquemes em diferentes anos do período. Pimenta Bueno manteve participação relevante, enquanto Rolim de Moura, Vale do Guaporé e Cone Sul registraram valores inferiores. Esse padrão demonstra que produção e geração de receita estão relacionadas, mas não são equivalentes, pois preços, tipos de produtos, agregação de valor e canais de comercialização modificam o resultado econômico.

A análise do controle de custos revelou uma das principais limitações gerenciais. Aproximadamente 36% dos registros indicaram adoção de alguma prática ou módulo de controle, enquanto 64% informaram não utilizar esse recurso. Foram contabilizadas 23.839 respostas positivas e 42.146 negativas no período.

Embora a maioria ainda não utilize instrumentos formais de gestão financeira, o crescimento das respostas positivas ao longo dos anos indica fortalecimento gradual da cultura de planejamento. As Regionais com maior presença institucional e melhor infraestrutura de atendimento apresentaram níveis superiores de adoção.

O controle de custos não deve ser interpretado apenas como prática contábil. Ele representa a capacidade de registrar gastos, avaliar resultados, comparar alternativas e decidir sobre investimentos. Sem essa informação, o produtor pode aumentar a produção e a receita sem conhecer o resultado econômico efetivamente obtido.

A limitação dos registros monetários de custos também demonstra a importância da qualidade dos dados para a Inteligência Artificial. Um sistema automatizado não poderá estimar rentabilidade com precisão se a base registrar apenas receitas ou respostas binárias sobre a existência de controle financeiro.

Por esse motivo, a rentabilidade apresentada no estudo foi interpretada como aproximação da eficiência econômica. Sua trajetória foi ascendente entre 2020 e 2022, com estabilização relativa em 2023 e 2024. O comportamento acompanhou a evolução da produção, da produtividade e da receita, mas deve ser analisado considerando as limitações da variável custo.

O preço médio ponderado demonstrou diferenças relacionadas à especialização produtiva, agregação de valor e inserção nos mercados. Os maiores valores médios concentraram-se em territórios com maior diversificação, presença de agroindústrias, organização coletiva e acesso aos principais eixos logísticos.

Em contrapartida, Regionais mais dependentes da comercialização de produtos in natura e de intermediários apresentaram menor capacidade de valorização. O resultado mostra que o preço não depende apenas do produto, mas também da qualidade, beneficiamento, logística, organização e poder de negociação dos agricultores.

A análise econômica demonstra que a Inteligência Artificial aplicada à agricultura familiar não pode se limitar à previsão de produção. Ela precisa considerar receita, preço, controle de custos, organização comercial e características das cadeias. Um modelo que recomende apenas o aumento do volume produzido poderá ampliar a exposição

econômica dos agricultores quando não houver mercado, preço ou margem suficiente.

4.3. Dimensão Social: Cobertura da ATER e Perfil dos Beneficiários

O número de famílias beneficiárias representa o alcance social da política pública de ATER. A análise temporal indicou redução do atendimento em diferentes Regionais, especialmente após 2021. Ji-Paraná permaneceu como a Regional com maior número de famílias acompanhadas, mas também apresentou diminuição ao final do período. Comportamento semelhante foi observado em Porto Velho, Ariquemes, Pimenta Bueno, Rolim de Moura e Vale do Guaporé.

A redução da cobertura precisa ser interpretada em conjunto com a capacidade institucional. A diminuição do quadro de extensionistas, a extensão territorial, as dificuldades de deslocamento e o aumento das demandas limitam a frequência e a abrangência dos atendimentos.

Esse resultado demonstra que a quantidade de registros não representa apenas a dimensão ou a importância da agricultura familiar em uma Regional. Ela também reflete a capacidade operacional da instituição para alcançar e cadastrar os produtores. Territórios com menor número de registros podem possuir elevada demanda não atendida.

Essa distinção é fundamental para aplicações de Inteligência Artificial. Um sistema que utilize apenas o número de famílias registradas para distribuir recursos poderá favorecer regiões com maior capacidade de registro e reduzir ainda mais o atendimento

nos territórios com baixa cobertura. Por isso, os resultados automatizados devem ser confrontados com informações institucionais e territoriais.

O perfil sociodemográfico revelou predominância masculina entre os responsáveis pelas unidades acompanhadas, com aproximadamente 63% de homens e 37% de mulheres. Apesar disso, houve crescimento gradual da participação feminina durante o período analisado.

A presença das mulheres possui importância produtiva, econômica e social. Sua participação está frequentemente associada à diversificação das atividades, organização da produção, beneficiamento, comercialização e segurança alimentar. O aumento do protagonismo feminino deve ser considerado no planejamento das ações, na oferta de crédito, na capacitação e no desenvolvimento de tecnologias.

A análise etária demonstrou que aproximadamente 57% dos beneficiários estavam concentrados entre 35 e 54 anos. Ao mesmo tempo, os registros indicaram envelhecimento progressivo da população atendida. A reduzida participação de jovens representa desafio para a sucessão familiar, continuidade das atividades e incorporação de inovações.

Em relação à escolaridade, observou-se predominância dos níveis mais básicos, mas também melhoria gradual, especialmente entre mulheres e jovens. O nível educacional influencia a compreensão de registros, utilização de tecnologias digitais, controle financeiro e acesso às políticas públicas.

A utilização de soluções digitais precisa considerar essas diferenças. Plataformas complexas, com linguagem técnica ou exigência elevada de conectividade, podem excluir agricultores com menor escolaridade ou acesso limitado à internet. A Inteligência Artificial aplicada à ATER deve ser desenvolvida com interfaces simples, acessíveis e articuladas ao acompanhamento presencial.

4.4. Diversificação e Resiliência Produtiva

A diversificação produtiva constitui um dos principais mecanismos de redução de riscos na agricultura familiar. Unidades que dependem de uma única cultura ficam mais expostas às oscilações de preços, perdas climáticas, doenças e dificuldades de comercialização.

Entre 2020 e 2024, a agricultura familiar rondoniense apresentou padrão elevado de diversificação. O índice médio de Shannon foi de aproximadamente 2,68, e o número médio de culturas foi superior a 50 por Regional. Os resultados demonstraram estabilidade estrutural, com variações moderadas entre os anos.

A Regional Porto Velho apresentou o maior índice médio de Shannon, próximo de 2,94, indicando distribuição relativamente ampla das atividades produtivas. Essa característica está relacionada à diversidade territorial, à presença de diferentes sistemas de produção e ao atendimento de comunidades distribuídas em ampla área.

A diversificação não significa ausência de especialização. Uma Regional pode possuir cadeias predominantes e, simultaneamente, manter variedade de atividades secundárias. O equilíbrio entre

especialização e diversificação pode favorecer a geração de renda e reduzir a vulnerabilidade econômica.

Esse indicador possui potencial relevante para sistemas de apoio à decisão. Em associação com produção, receita e preços, ele pode indicar territórios excessivamente dependentes de uma única cadeia. Entretanto, a recomendação de diversificação deve considerar aptidão agrícola, mercado, mão de obra, disponibilidade de água, infraestrutura e interesse das famílias.

4.5. Integração dos Resultados e Construção da Inteligência Territorial

A análise integrada demonstrou que nenhum indicador explica isoladamente o desenvolvimento da agricultura familiar. Os melhores resultados ocorreram onde produção, produtividade, organização econômica, diversificação, assistência técnica e acesso aos mercados atuaram de forma articulada.

Regionais com maior produção nem sempre apresentaram os melhores resultados em todos os componentes. Da mesma forma, territórios com menor escala produtiva podem possuir elevada diversificação ou participação social. Essa diferença justifica a utilização do IDAF como instrumento de síntese, acompanhado da leitura individual dos indicadores.

O modelo permite identificar quatro tipos de situação territorial:

- a. territórios com desempenho equilibrado nas dimensões produtiva, econômica e social;

- b. territórios produtivos, mas com baixa cobertura social ou fragilidade gerencial;
- c. territórios diversificados, mas com limitações de mercado e geração de receita;
- d. territórios com baixos resultados simultâneos, demandando ações integradas e fortalecimento institucional.

Essas categorias não constituem classificações definitivas. Elas representam formas de interpretação que podem orientar a priorização de diagnósticos e intervenções.

A principal contribuição do modelo está em transformar os registros do SIGATER em inteligência territorial. Em vez de analisar somente quantos atendimentos foram realizados ou qual volume foi produzido, torna-se possível compreender a interação entre resultados produtivos, econômicos e sociais.

4.6. Aplicações Futuras de Inteligência Artificial

A estrutura desenvolvida pode servir de base para futuras aplicações de Inteligência Artificial, desde que a série histórica seja continuamente atualizada e que sejam incorporadas variáveis adicionais necessárias a cada finalidade.

Uma primeira possibilidade consiste na identificação automatizada de padrões territoriais. Os indicadores poderiam ser utilizados para agrupar municípios ou Regionais com características semelhantes, apoiando a formulação de estratégias diferenciadas de ATER.

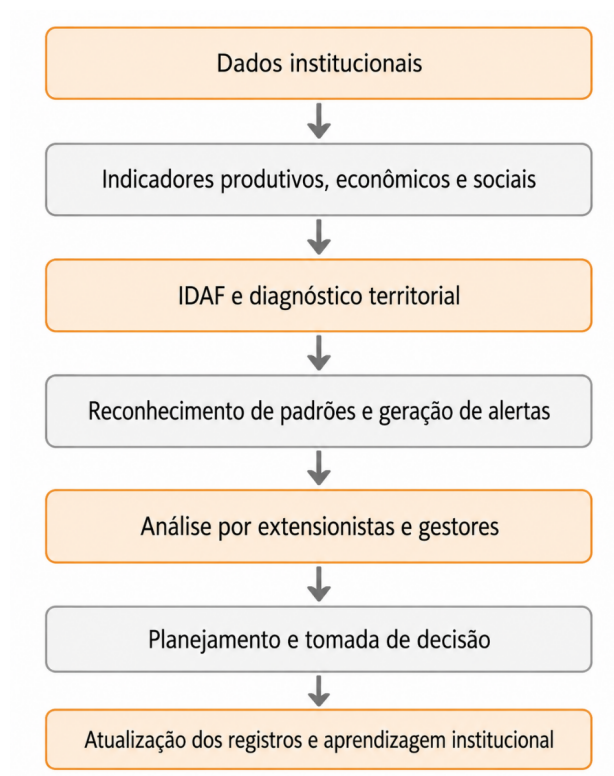
Outra possibilidade é a criação de alertas gerenciais. Variações abruptas na produção, receita, cobertura de atendimento ou qualidade dos registros poderiam ser sinalizadas para análise dos gestores. O alerta não explicaria automaticamente a causa, mas indicaria a necessidade de verificação.

A priorização do atendimento também pode ser apoiada pela análise integrada. Territórios com baixa produtividade, reduzida adoção de controle de custos, queda no número de famílias atendidas e envelhecimento da população poderiam receber atenção específica. Essa priorização, contudo, não deve ser realizada exclusivamente por sistemas automatizados.

Modelos futuros também poderão estimar tendências, desde que existam séries históricas suficientemente extensas e consistentes. O período de cinco anos analisado permite reconhecer comportamentos, mas a elaboração de previsões robustas exigirá continuidade dos registros e incorporação de variáveis climáticas, econômicas e territoriais.

A IA poderá ainda apoiar a verificação da qualidade da base, identificando valores incompatíveis, duplicidades, mudanças incomuns e campos frequentemente não preenchidos. Nesse caso, sua aplicação contribuiria diretamente para melhorar a governança do SIGATER.

Figura 4. Modelo conceitual de Inteligência Artificial aplicada à agricultura familiar.



Fonte: Elaboração da autora (2026).

A Figura 4 demonstra que a participação humana permanece em todas as etapas. A tecnologia organiza e amplia a capacidade de análise, enquanto extensionistas, gestores e agricultores contextualizam os resultados e definem as ações.

A utilização responsável da Inteligência Artificial exige transparência nos critérios, proteção dos dados pessoais, verificação dos resultados e mecanismos de revisão. Também deve evitar que decisões automatizadas penalizem famílias ou territórios com menor representação na base.

Portanto, o principal avanço não consiste em automatizar todas as decisões, mas em construir um sistema no qual dados, tecnologia e conhecimento técnico atuem conjuntamente. Na agricultura familiar, a qualidade da decisão depende da capacidade de combinar evidências quantitativas com a compreensão das condições humanas e territoriais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação dos registros do SIGATER em indicadores demonstrou que os dados produzidos pela Assistência Técnica e Extensão Rural possuem elevado potencial para apoiar o planejamento e a gestão da agricultura familiar.

O modelo baseado em dez Indicadores-Chave de Desempenho possibilitou analisar conjuntamente as dimensões produtiva, econômica e social e de resiliência. A integração por meio do IDAF permitiu sintetizar o desempenho dos territórios sem eliminar as particularidades reveladas pelos indicadores individuais.

Os resultados evidenciaram crescimento da produção, da produtividade e da receita bruta entre 2020 e 2024. Entretanto, também demonstraram concentração territorial, diferenças no acesso aos mercados, baixa adoção do controle de custos e redução da cobertura de famílias beneficiárias em diferentes Regionais.

O perfil sociodemográfico indicou aumento gradual da participação feminina e da escolaridade, mas revelou envelhecimento da população rural. A diversificação produtiva permaneceu elevada, constituindo elemento importante de resiliência dos sistemas familiares.

Esses resultados confirmam que o desempenho da agricultura familiar depende da interação entre assistência técnica, gestão, tecnologia, diversificação, capital humano, infraestrutura e inserção comercial. Políticas orientadas por um único indicador tendem a produzir diagnósticos incompletos.

A estrutura analítica apresentada constitui uma base para o desenvolvimento futuro de aplicações de Inteligência Artificial. Os indicadores podem sustentar sistemas de identificação de padrões, emissão de alertas, priorização de diagnósticos e apoio ao planejamento. Contudo, tais aplicações dependem da continuidade e qualidade dos registros, da ampliação da série histórica e da incorporação de variáveis adequadas a cada finalidade.

Não se recomenda que sistemas automatizados substituam a análise dos extensionistas ou determinem isoladamente a distribuição dos recursos. As informações geradas devem ser interpretadas à luz da realidade territorial e validadas pelos profissionais e agricultores envolvidos.

A principal contribuição do modelo consiste em demonstrar que a Inteligência Artificial aplicada à agricultura familiar começa antes do algoritmo. Ela começa na qualidade do registro, na definição dos indicadores, na compreensão do território e na capacidade institucional de transformar dados em decisões.

Dessa forma, o fortalecimento da EMATER-RO, a capacitação permanente dos profissionais, o aprimoramento do SIGATER e a adoção institucional do modelo de indicadores representam condições essenciais para a consolidação de uma ATER orientada por dados.

A integração entre inteligência de análise de banco de dados, conhecimento extensionista e tecnologias emergentes pode ampliar a capacidade de resposta da política pública, reduzir desigualdades territoriais e contribuir para sistemas produtivos familiares mais eficientes, inclusivos e resilientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara I. Agroecologia e o desenho de sistemas agrícolas resilientes. Revista NERA, Presidente Prudente, v. 20, n. 38, p. 14-41, 2017.

BATALHA, Mário Otávio; BUAINAIN, Antônio Márcio; SOUZA FILHO, Hildo Meirelles de. Gestão integrada da agricultura familiar. São Carlos: EDUFSCar, 2005.

CASARA, Fábio. Cartografia da BR-364 e dinâmica territorial em Rondônia. Porto Velho: UNIR, 2022.

CASTRO, César Nunes de. A agricultura no Norte brasileiro e o papel da assistência técnica e extensão rural. Brasília: IPEA, 2017.

DEPONTI, Cidonea Machado; ECKERT, Córdula; AZAMBUJA, José Luiz Bortoli de. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 44-52, 2002.

EMATER-RO. Relatório de gestão institucional 2023. Porto Velho: EMATER-RO, 2023.

EMATER-RO. Sistema de Informação e Gerenciamento da Assistência Técnica e Extensão Rural — SIGATER. Porto Velho: Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia, 2023.

EMBRAPA. Agricultura digital e inovação tecnológica no meio rural brasileiro. Brasília: EMBRAPA, 2022.

FAO. The State of Food and Agriculture 2021: making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Rome: FAO, 2021.

FAO. The State of Food and Agriculture 2022: leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. Rome: FAO, 2022.

FAO. The State of Food and Agriculture 2023. Rome: FAO, 2023.

GONÇALVES, José Carlos et al. Governança de dados, monitoramento e inteligência territorial na gestão pública rural. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 56, n. 4, p. 1-19, 2022.

GONÇALVES, José et al. Transformação digital da extensão rural no Brasil. Brasília: IPEA, 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

PLOEG, Jan Douwe van der. Camponeses e impérios alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

SCHNEIDER, Sergio. Agricultura familiar e desenvolvimento rural no Brasil: avanços e desafios. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 48, n. 1, p. 1-24, 2010.

SILVA, Ricardo Gilson da Costa. Estrutura fundiária e dinâmica territorial em Rondônia. Porto Velho: EDUFRO, 2018.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; GASQUES, José Garcia. Agricultura, território e inovação na agricultura familiar. Brasília:

IPEA, 2020.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Agricultura familiar, assistência técnica e desenvolvimento territorial. Brasília: IPEA, 2022.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Agricultura familiar, diversificação e desenvolvimento territorial. Brasília: IPEA, 2023.

¹ Doutora PGDRA/UFRO. EMATER-RO.

² Doutorando PGDRA/UFRO.

³ PhD in Agronomy. Júlio de Mesquita Filho State University of São Paulo, UNESP, Brazil. Associate Professor of the Federal University of Rondônia (UFRO), Brazil.

⁴ Dr. in Sciences: Socio-environmental Development. Associate Professor of the Federal University of Rondônia (UFRO), Brazil.

⁵ PhD in Physics (UFC), with post-doctorate in Scientific Regional Development (DCR/CNPq). MBA in Software Engineering /MBA in Data Science and Artificial Intelligence (FUNIP). Researcher of the Doctoral and Master Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4173-4636>