

Prontidão tecnológica na agricultura familiar: evidências de Distritos Agrotecnológicos

Technological readiness in family farming: evidence from Agrotechnological Districts

Athila Leandro de Oliveira

UFLA. Lavras, MG, Brasil

Fernanda Nunes Maciel

UFLA. Lavras, MG, Brasil

Mateus da Mata Melo

UFLA. Lavras, MG, Brasil

Caroline Mendonça Nogueira Paiva

UFLA. Lavras, MG, Brasil

Paulo Henrique Montagnana Vicente Leme

UFLA. Lavras, MG, Brasil

GT 12 - Impactos socioambientais das novas tecnologias no agronegócio

Resumo: Este estudo analisa a interdependência socioestrutural e prontidão tecnológica em 10 municípios do projeto Semear Digital, visando subsidiar estratégias de letramento digital rural. Com dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e Censo Agropecuário, aplicou-se estatística multivariada para classificar os Distritos Agrotecnológicos (DATs). A correlação de Spearman (ρ) evidenciou forte dependência entre infraestrutura básica (energia) e capital humano (alfabetização e orientação técnica). A análise de cluster hierárquico (Ward, Z-score) categorizou os territórios em três tipologias: (i) vulnerabilidade estrutural; (ii) escala produtiva e transição patronal; e (iii) agricultura familiar intensificada com desafios de sucessão. Conclui-se que a exclusão digital reflete vulnerabilidades estruturais interligadas. Políticas para a Agricultura 4.0 exigem abordagens regionalizadas que respeitem a capacidade de absorção e a dinâmica de cada território.

Palavras-chave: inclusão sociotécnica; extensão rural; sucessão geracional; políticas públicas; análise multivariada.

Abstract: This study analyzes the socio-structural interdependence and technological readiness in 10 municipalities of the Semear Digital project, aiming to support rural digital literacy strategies. Using data from the Rural Environmental Registry (CAR) and the Agricultural Census, multivariate statistics were applied to classify the Agrotechnological Districts (ATDs). Spearman's correlation (ρ) showed a strong dependence between basic infrastructure (electricity) and human capital (literacy and technical guidance). The hierarchical cluster analysis (Ward, Z-score) categorized the territories into three typologies: (i) structural vulnerability; (ii) productive scale and managerial transition; and (iii) intensified family farming with succession challenges. It is concluded that digital exclusion reflects interconnected structural vulnerabilities. Policies for Agriculture 4.0 require regionalized approaches that respect the absorption capacity and the dynamics of each territory.

Keywords: sociotechnical inclusion; rural extension; generational succession; public policies; multivariate analysis.

1. Introdução

A transição para a Agricultura 4.0 é um novo passo no sistema agroalimentar em direção a sustentabilidade e eficiência produtiva, base para garantia da segurança alimentar e a nutrição global (Silveira et al., 2026). No entanto, sua adoção depende de inovações cuja difusão tem ocorrido de forma assimétrica, favorecendo majoritariamente propriedades de larga escala e regiões com infraestrutura já consolidada (Drewry et al, 2019; Bortot; Godoy, 2025). Para pequenos e médios produtores, as barreiras incluem desde a falta de infraestrutura digital e

competências digitais, bem como problemas de gestão como sucessão familiar e acesso ao crédito (Paiva et al., 2024).

O projeto Semear Digital busca mitigar essas disparidades estruturais através da implementação de 10 Distritos Agrotecnológicos (DATs), ambientes projetados para promover e avaliar a inclusão e a integração de tecnologias digitais em comunidades rurais (Paiva et al., 2024; Silva et al., 2025).

Diante da lacuna analítica sobre a capacidade de absorção desses territórios, o objetivo deste trabalho é analisar a interdependência entre as dimensões socioestruturais e delinear tipologias de prontidão tecnológica nos 10 DATs do projeto Semear Digital, visando subsidiar estratégias direcionadas de letramento digital.

2. Metodologia

A pesquisa utilizou indicadores dados socioeconômicos, demográficos e de infraestrutura (IBGE, 2017; Silva et al., 2025). A área de estudo abrange os 10 Distritos Agrotecnológicos (DATs) do projeto Semear Digital: Breves (PA), Boa Vista do Tupim (BA), Guia Lopes da Laguna (MS), Vacaria (RS), Alto Alegre (SP), Caconde (SP), Jacupiranga (SP), Lagoinha (SP), São Miguel Arcanjo (SP) e Ingaí (MG).

As variáveis selecionadas para avaliar a prontidão tecnológica englobam: (i) infraestrutura básica e capital humano (acesso à energia elétrica, alfabetização e orientação técnica); (ii) estrutura fundiária e governança (minifúndios, terras próprias e direção não familiar); e (iii) perfil demográfico e tecnificação (decisores com mais de 55 anos e uso de irrigação).

A análise multivariada ocorreu em duas etapas. Inicialmente, aplicou-se a Correlação de Spearman (ρ) para avaliar a interdependência das variáveis, visto que a amostra ($n = 10$) não possibilita pressupostos paramétricos. Na segunda etapa, realizou-se a Análise de Cluster Hierárquico (Método de Ward, distância euclidiana quadrada). Os resultados foram então organizados de forma a discutir as correlações significativas, evidenciando as barreiras à adoção

tecnológica, e detalhar as tipologias de prontidão geradas pelo agrupamento, com suas respectivas demandas por letramento digital.

3. Resultados e Discussão

A correlação (ρ) revelou que déficits estruturais limitam o desenvolvimento, havendo forte associação da energia elétrica com alfabetização ($\rho = 0,86$; $p < 0,01$) e orientação técnica $\rho = 0,62$; $p < 0,05$). A partir destas interações, o agrupamento gerou três tipologias:

- Cluster 1: Vulnerabilidade Estrutural (Breves/PA e Boa Vista do Tupim/BA). Marcado pela carência de infraestrutura e apoio técnico. Com energia elétrica restrita (30,5% em Breves; 68,6% em Boa Vista) e alfabetização estagnada (53% a 56%).
- Cluster 2: Escala Produtiva e Transição Patronal (Vacaria/RS e Guia Lopes da Laguna/MS). Concentra médias e grandes propriedades com infraestrutura estabilizada (alfabetização $> 97\%$). O desafio tecnológico assume viés corporativo devido à maior presença de gestores não familiares (27,08% em Guia Lopes; 10,97% em Vacaria).
- Cluster 3: Agricultura Familiar Intensificada e Sucessão (Alto Alegre, Caconde, Jacupiranga, Lagoinha, São Miguel Arcanjo/SP e Ingaí/MG). Conjuga fragmentação (minifúndios $> 85\%$) com suporte técnico. Destaca-se pela estabilidade fundiária (terras próprias $> 90\%$ em Ingaí e Caconde), alta alfabetização ($> 97\%$) e as maiores taxas de orientação técnica (56,9% em Ingaí; 49,9% em Caconde).

A delimitação evidencia que a abordagem do letramento digital no meio rural não pode ser universalizada. O desenvolvimento de competências digitais na agricultura deve transcender o mero fornecimento de equipamentos, alinhando-se à capacidade de absorção de cada território e ao contexto da cadeia produtiva (Trendov et al., 2019). No Cluster 1, a literatura indica que as ações de letramento devem estar atreladas ao fortalecimento comunitário e à superação de vulnerabilidades prévias (Smidt e Jokonya, 2019). No Cluster 2, a alfabetização tecnológica adquire contornos operacionais e corporativos, experiências internacionais relacionam tamanho das propriedades à adoção de tecnologias (Drewry et al., 2019). Por fim, no Cluster 3, o principal desafio ao letramento é geracional, a sucessão familiar, assim a juventude rural deve

ser vista como ponte essencial entre o mundo digital e a realidade das propriedades (Paiva et al., 2024 Silveira et al., 2026).

5. Considerações finais

Os resultados indicam que a exclusão digital no campo brasileiro reflete desigualdades socioestruturais entre os municípios analisados. Embora o estudo apresente a limitação de considerar apenas os 10 municípios caracterizados como DATs dentro do projeto Semear Digital, os achados oferecem direcionamentos para a extensão rural. Evidencia-se que as políticas públicas devem alinhar a oferta tecnológica à tipologia de prontidão de cada território, garantindo que a inovação não aprofunde a marginalização competitiva da agricultura familiar.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio dos pesquisadores do Centro de Pesquisa em Agricultura Digital - Semear Digital. Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil (Processos nº 2025/06048-2, nº 2023/18453-3, nº 2025/10368-2, nº 2025/10367-6 e 2022/09319-9).

Referências

DREWRY, J. L.; LUCK, B. D.; WILLETT, R. M.; ROCHA, E. M. C.; HARMON, J. D. Assessment of digital technology adoption and access barriers among crop, dairy and livestock producers in Wisconsin. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 160, p. 144-152, 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

PAIVA, C. M. N. et al. Pathways to Rural Sustainability: Opportunities and Challenges in the Creation of an Agrotechnological District in Ingaí City, Brazil. *Sustainability*, 2024.

SILVA, G. B. S. da et al. Diagnóstico agroambiental dos municípios com os distritos agrotecnológicos do projeto Semear Digital. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2025.

SILVEIRA, F. et al. Drivers of the agriculture 4.0 technologies in the agri-food system: a systematic literature review and directions for future research. *ScienceDirect*, 2026.

SMIDT, H. J.; JOKONYA, O. Factors affecting digital technology adoption by small-scale farmers in agriculture value chains (AVCs) in South Africa. *Information Technology for Development*, 2019.