


Avaliação do impacto da unidade de referência tecnológica (URT) para adoção dos sistemas integrados de produção sustentável em Mato Grosso

RESUMO – A unidade de referência tecnológica (URT) é uma modalidade de transferência de tecnologia (TT) que demonstra uma aplicação prática do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), sendo um dos impactos esperados o aumento da taxa de adesão dos sistemas integrados. Este estudo avaliou o impacto da URT em Mato Grosso, utilizando o modelo de diferenças em diferenças com entrada escalonada e o estimador de Callaway & Sant’Anna (2021), que combina ponderação pelo inverso da probabilidade com ajuste de regressão, garantindo estimativas robustas. Os resultados indicam que a presença da URT aumentou em cerca de 11 mil hectares a área destinada ao ILP nos municípios com URT, e em 3.300 hectares adicionais ao incluírem-se municípios limítrofes, embora este último impacto não tenha sido significativo. Conclui-se que a presença da URT contribuiu significativamente para a expansão da área de ILP nos municípios estudados, confirmando a eficácia dessa modalidade de transferência tecnológica na promoção de sistemas de produção sustentáveis.

Termos para indexação: diferenças em diferenças, integração lavoura-pecuária, transferência de tecnologia.

Impact assessment of the technological reference unit (URT) for the adoption of integrated sustainable production systems in state of Mato Grosso, Brazil

ABSTRACT – The technological reference unit (URT) is a technology transfer (TT) modality that demonstrates a practical application of the crop-livestock integration (ILP) system, and one of its expected impacts is an increase in the adoption rate of integrated systems. This study evaluated the impact of the URT in the state of Mato Grosso, Brazil, using the difference-in-differences model with staggered entry and the Callaway & Sant’Anna (2021) estimator, which combines inverse probability weighting with regression adjustment, ensuring robust estimates. The results indicate that the presence of the URT increased the area allocated to ILP in municipalities with URT by approximately 11 thousand hectares, and by an additional 3,300 hectares when neighboring municipalities were included, although the latter impact was not significant. It is concluded that the presence of the URT contributed significantly to the expansion of the ILP area in the studied municipalities, confirming the effectiveness of this technology transfer modality in promoting sustainable production systems.

Aisten Baldan 

Universidade do Estado de Mato Grosso,
Unidade Aquarela das Artes,
Sinop, MT, Brasil.
E-mail: aisten.baldan@embrapa.br

Lindomar Pegorini Daniel 

Universidade do Estado de Mato Grosso,
Unidade Aquarela das Artes,
Sinop, MT, Brasil.
E-mail: lindomar.pegorini@unemat.br

✉ Autor correspondente

Recebido em
7/5/2025

Aprovado em
1/11/2025

Publicado em
26/12/2025

Como citar

BALDAN, A.; DANIEL, L.P. Avaliação do impacto da unidade de referência tecnológica (URT) para adoção dos sistemas integrados de produção sustentável em Mato Grosso. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.42, e27947, 2025. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2025.v42.27947>.

Index terms: difference-in-differences, crop-livestock integration, technology transfer.

INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos pilares fundamentais para garantir a segurança alimentar da população mundial. Com uma projeção de aproximadamente 10 bilhões de habitantes em 2050 para a população mundial, cresce a necessidade de produzir mais alimentos com maior eficiência, garantindo acesso equitativo à alimentação. Essa demanda crescente impõe, no entanto, o desafio de conciliar o aumento da produção com a conservação dos recursos naturais, que são finitos e distribuídos de forma desigual entre as regiões do planeta.

As limitações impostas pela disponibilidade de recursos naturais, como água e solo, somadas aos efeitos adversos das mudanças climáticas e eventos extremos, impactam diretamente a capacidade produtiva de diversas regiões. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2010) estima que, para atender à demanda global até 2050, será necessário aumentar a produção de alimentos em cerca de 70%. No entanto, estudos indicam que, em áreas que já apresentam alta produtividade, os impactos climáticos podem estagnar ou até reduzir os rendimentos agrícolas (Massruhá et al., 2020).

Diante desses desafios, a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou, em 2015, a Agenda 2030 com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecendo compromissos globais para promover a sustentabilidade ambiental, econômica e social (ONU, 2015). O Brasil, como um dos principais produtores e exportadores agrícolas, com mais de 350 produtos exportados para cerca de 200 países, tem papel estratégico no cumprimento dessas metas (Massruhá et al., 2020).

Nesse contexto, observa-se uma evolução contínua da agricultura, desde sistemas

rudimentares baseados em tração animal (Agricultura 1.0), passando pela mecanização (Agricultura 2.0) e pela adoção de sistemas integrados (Agricultura 3.0), até a atual fase de integração digital, automação e uso intensivo de tecnologias emergentes (Agricultura 5.0), que incorporam sensores, inteligência artificial e insumos biológicos (Massruhá et al., 2020; Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020).

Entre as inovações, destacam-se os sistemas integrados de produção, que podem assumir diferentes configurações: integração lavoura-pecuária (ILP), lavoura-floresta (ILF), pecuária-floresta (IPF) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (Balbino et al., 2011; Machado et al., 2011; Cordeiro et al., 2015b; Pedreira et al., 2017). Esses sistemas oferecem ao produtor flexibilidade para implementar gradualmente novas práticas, conforme suas capacidades e objetivos.

Em Mato Grosso, a Embrapa Agrossilvipastoril tem se destacado como centro de referência em pesquisas sobre sistemas integrados. Os resultados apontam ganhos significativos: econômicos, como aumento da produtividade e rentabilidade (Reis et al., 2017; Magalhães et al., 2018); ambientais, como ciclagem de nutrientes, melhoria da qualidade do solo e mitigação de gases de efeito estufa (Silva et al., 2020; Wruck et al., 2020); e sociais, incluindo melhorias nas condições de trabalho e qualidade de vida no campo.

Como parte da estratégia de difusão dessas tecnologias, a Embrapa emprega diferentes modalidades de transferência de tecnologia, entre elas: unidade de referência tecnológica (URT), capacitação continuada, dias de campo, workshops, visitas técnicas, palestras, publicações e ações de comunicação (Cordeiro et al., 2015a; Wruck, 2019; Wruck et al., 2019). A URT se destaca como ferramenta estruturante nesse processo, ao permitir a validação prática das tecnologias e sua adaptação às realidades regionais.

Este estudo tem por objetivo avaliar o impacto da presença da URT na adoção dos sistemas integrados de produção sustentável

em Mato Grosso, com foco na configuração ILP. A escolha desse sistema justifica-se por sua menor complexidade em comparação com os demais, o que favorece sua difusão e permite análises mais robustas quanto aos efeitos da adoção. A pesquisa emprega a metodologia de diferenças em diferenças com entrada escalonada (difference-in-differences – DiD), permitindo inferência causal sobre o impacto da URT na adoção tecnológica. O termo “entrada escalonada” é utilizado para descrever a situação em que o tratamento (URT) é recebido em períodos diferentes e, uma vez exposto ao tratamento, o município passa para o estado tratado de forma permanente.

Uma URT é definida como uma área demonstrativa implantada em áreas públicas ou privadas, normalmente em fazendas de referências, onde é conduzida uma aplicação real dos sistemas de integração lavoura-pecuária, objetivando validar, demonstrar e transferir tecnologias que foram geradas, adaptadas ou recomendadas, considerando as particularidades daquela região. Nessas unidades, são realizados diferentes eventos e capacitações, nos quais produtores, consultores e técnicos interessados em adotar ou conhecer o sistema podem participar – dessa forma, essas unidades funcionam como uma das modalidades de transferência de tecnologia (Balbino et al., 2011; Cordeiro et al., 2015b; Bernardo et al., 2016).

A ausência de estudos empíricos que avaliem especificamente o papel das URTs na difusão do sistema ILP configura uma lacuna importante na literatura. Assim, este trabalho busca contribuir com novas evidências sobre a efetividade dessa ferramenta de transferência tecnológica, podendo subsidiar políticas públicas e estratégias institucionais mais eficientes. Além disso, os resultados obtidos poderão ser adaptados a outros contextos regionais, permitindo comparações entre estados e contribuindo para a construção de um perfil nacional da adoção tecnológica no meio rural.

Contudo, é importante destacar algumas limitações deste estudo. A acurácia dos

resultados depende diretamente da qualidade do modelo de detecção do sistema ILP desenvolvido pelo projeto GeoABC+. A definição das características dos cenários e o treinamento do algoritmo de inteligência artificial podem influenciar os dados analisados. Ainda que os resultados iniciais sejam promissores, estudos futuros deverão considerar aprimoramentos metodológicos para validação contínua dos dados, além da ampliação para diferentes contextos geográficos e produtivos.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a próxima seção apresenta os fundamentos teóricos e o panorama da ILP e das URTs, destacando seus vínculos com a intensificação sustentável e a transferência de tecnologias. Em seguida, são descritos os dados utilizados e a metodologia adotada, com ênfase no modelo de diferenças em diferenças com múltiplos períodos. A seção subsequente discute os principais resultados empíricos, abordando tanto os efeitos médios quanto as variações temporais e espaciais associadas à presença das URTs. Por fim, são apresentadas as considerações finais, destacando as contribuições do estudo para a formulação de políticas públicas e para o avanço do conhecimento sobre adoção de inovações tecnológicas no meio rural.

REFERENCIAL TEÓRICO

A agricultura, como atividade essencial à sobrevivência humana, passou por diversas transformações ao longo da história, moldada por demandas sociais, econômicas e ambientais. Como já discutido na introdução, os sistemas de produção agrícola evoluíram em distintas fases, acompanhadas de inovações tecnológicas significativas. Esse processo de evolução também suscitou a necessidade de avaliar os impactos dessas inovações, tanto do ponto de vista técnico como dos seus desdobramentos sociais, ambientais e econômicos.

Diversos estudos têm se dedicado a comparar diferentes modelos e práticas agrícolas. Em geral, essas pesquisas avaliam os impactos

das tecnologias e dos sistemas produtivos, muitas vezes com enfoque específico em uma dimensão – como a econômica ou a ambiental. Um exemplo importante é a metodologia Ambitec, desenvolvida pela Embrapa, que propõe uma avaliação multidimensional dos impactos das tecnologias, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais, além de impactos institucionais e na capacitação dos envolvidos (Avila et al., 2008).

Ferreira Junior (2012) analisou os efeitos das mudanças de cobertura do solo sobre o efluxo de C-CO₂ em áreas de pastagens e florestas. Seu estudo evidenciou que o sistema de plantio direto (SPD) poderia mitigar em até 37,7% a emissão de carbono do solo no cultivo da soja, quando comparado ao plantio convencional. Tomadon Júnior (2015) também abordou o impacto ambiental da produção de soja sob SPD, considerando ainda práticas de agricultura de precisão. Tais estudos, embora distintos em foco, compartilham o uso de metodologias orientadas para mensuração de impactos da tecnologia.

Contudo, algumas pesquisas adotaram abordagens metodológicas voltadas à avaliação de impacto com base em inferência causal, como o método DiD. Esse é o caso do estudo de Rodrigues (2019), que avaliou os impactos econômicos e fiscais decorrentes da implantação de parques eólicos em municípios brasileiros. Utilizando uma amostra de 60 municípios tratados e 266 de controle ao longo de 11 anos, o autor identificou efeitos positivos no valor adicionado bruto da agropecuária e no PIB per capita. Em contrapartida, observou impactos negativos nas indústrias e serviços, sem efeito significativo nas receitas de ICMS e ISSQN, possivelmente devido a isenções fiscais.

Kaufmann (2020) utilizou a mesma abordagem para investigar os impactos socioeconômicos das políticas públicas de reforma agrária em municípios de microrregiões com características semelhantes. Da mesma forma, Pinto (2020) avaliou o subprograma de recuperação de pastagens degradadas do Programa ABC. Os resultados indicaram maior

concentração de recursos nas regiões Centro-Oeste e Matopiba, além de efeitos positivos na produção de leite. Entretanto, não foram observados efeitos consistentes sobre a taxa de lotação animal, especialmente nos anos subsequentes ao crédito, sugerindo até mesmo um impacto negativo nesses períodos.

Sambuichi et al. (2022) analisaram os efeitos do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) sobre o valor bruto e a diversidade da produção de agricultores familiares. Utilizando microdados administrativos do PAA e do cadastro do Pronaf, o estudo aplicou a metodologia DiD para o período de 2009 a 2017, revelando resultados robustos sobre o impacto do programa. Em outra perspectiva, Widmarck (2023) aplicou o método para investigar os efeitos dos fundos de investimento estrangeiro (como Harvard Management Company e TIAA) sobre a financeirização das terras agrícolas no Matopiba. A pesquisa apontou conflitos associados à inacessibilidade das terras por pequenos produtores, reforçando a tensão entre capital financeiro e justiça social.

Esses estudos demonstram que a metodologia de diferenças em diferenças pode ser aplicada a distintos contextos e objetivos, permitindo a avaliação de impactos por meio de comparações entre grupos tratados e de controle, antes e depois de uma intervenção. No entanto, a maior parte dessas análises está centrada em políticas públicas, tecnologias ou práticas produtivas, com menor ênfase nos processos de transferência de tecnologia.

É nesse contexto que se insere a proposta deste estudo, ao aplicar o método de DiD para avaliar o impacto da presença das URTs na adoção do sistema ILP em Mato Grosso. Essa abordagem é inovadora por vincular diretamente a difusão tecnológica a um instrumento institucional específico da Embrapa, cuja função é validar e demonstrar tecnologias adaptadas às realidades locais.

Para a avaliação do impacto das URTs, será empregado o modelo analítico de inferência causal de diferenças em diferenças

(DiD) com entrada escalonada e controle para heterogeneidade não observável, tendo em vista a forma de operacionalização da intervenção em questão. A maior robustez associada ao estimador DiD decorre do uso de dados em painel, que permitem o controle por características não observáveis que permanecem fixas ao longo do tempo.

No entanto, de acordo com Chaisemartin & D’Haultfoeuille (2020), Callaway & Sant’Anna (2021), Goodman-Bacon (2021), Sun & Abraham (2021), Athey & Imbens (2022) e Borusyak et al. (2024), o modelo tradicional de efeitos fixos (two-way fixed effects – TWFE) não é adequado para a estimação do Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (Average Treatment Effect on the Treated – ATT) em cenários com múltiplos períodos e variação no tempo de tratamento. Esse é justamente o caso da presente análise, na qual a expansão das URTs ocorreu de forma não simultânea, com municípios introduzindo o programa em momentos distintos. O termo “entrada escalonada”, correspondente ao termo em inglês *staggered design*, ou *staggered rollout design*, descreve a situação em que o tratamento é recebido em períodos distintos e, uma vez exposto ao tratamento, o indivíduo passa ao estado tratado de forma permanente. Os autores têm levantado preocupações em relação à dinâmica e à heterogeneidade dos efeitos de tratamento em problemas caracterizados pela entrada escalonada, os quais, caso presentes, levam a estimções viesadas do efeito de tratamento. Para evitar tais problemas, propõe-se a utilização do estimador proposto por Callaway & Sant’Anna (2021).

Na agropecuária, coexistem duas frentes fundamentais: de um lado, a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), voltada à geração de tecnologias; e de outro, a transferência de tecnologia, responsável pela disseminação do conhecimento gerado. No Brasil, a transferência de tecnologias integradas, como a ILPF, ganhou fôlego a partir da primeira metade dos anos 2000 (Wruck et al., 2019), e a criação da Embrapa Agrossilvipastoril em 2009, em Sinop, MT, foi um marco relevante para sua expansão na região Centro-Oeste.

Segundo dados do Plano ABC, na safra de 2015/2016, estimou-se que cerca de 11,5 milhões de hectares no Brasil estavam sob sistemas integrados de ILPF e variações, sendo mais de 1,5 milhão em Mato Grosso (ILPF..., 2016; Pereira et al., 2019). A adoção desses sistemas é associada a benefícios ambientais, como a recuperação de áreas degradadas, aumento da matéria orgânica do solo e mitigação do desmatamento. Além disso, os sistemas integrados possibilitam maior diversificação da renda agrícola e melhor utilização dos recursos naturais (Silveira, 2016; Skorupa & Manzatto, 2019).

As publicações técnico-científicas também têm papel relevante na difusão do conhecimento, embora o caráter recente da ILPF e sua exigência por estudos de longo prazo (no mínimo de 8 a 12 anos) tenham limitado, inicialmente, o volume de trabalhos publicados. No entanto, há um crescimento contínuo na produção científica sobre o tema (Alexander & Martin, 2013; Castro et al., 2014; Fernandes et al., 2018; Pacheco et al., 2021; Amorim, 2022).

A maior parte dos estudos relacionados ao processo de transferência de tecnologia ainda aborda os temas de forma fragmentada. Um dos poucos trabalhos que analisa conjuntamente os aspectos de comunicação e transferência tecnológica é o de Martínez (2017), voltado à promoção de tecnologias sustentáveis na região Norte. Seu projeto, com duração de 8 anos, implantou 21 URTs e envolveu cerca de 3.000 participantes em ações de capacitação e comunicação voltadas à recuperação de pastagens degradadas na Amazônia.

Dessa forma, o presente estudo busca preencher uma lacuna relevante ao analisar o papel das URTs como vetor institucional de disseminação do sistema ILP em Mato Grosso, utilizando uma metodologia robusta de inferência causal. Ao integrar os campos da transferência de tecnologia e da avaliação de impacto, contribui para o avanço do conhecimento sobre os mecanismos que promovem a adoção de práticas sustentáveis no meio rural.

Além disso, as evidências geradas podem apoiar a formulação de políticas públicas mais eficazes, bem como orientar decisões estratégicas de instituições de pesquisa e extensão. A abordagem proposta permite não apenas aferir se a presença da URT teve impacto significativo na adoção da ILP, mas também identificar o potencial dessa ferramenta como modelo replicável para outras regiões e tecnologias. Assim, este trabalho oferece uma contribuição teórica e aplicada ao debate sobre sustentabilidade, inovação e desenvolvimento rural no Brasil.

METODOLOGIA

Tratamento dos dados

Este estudo baseia-se em uma série histórica de dados que compreende dez safras, no intervalo de 2010 a 2020, referentes ao estado de Mato Grosso. A base de dados foi obtida por meio do projeto GeoABC (Simões et al., 2016a, 2016b; Gregio & Faria, 2022), que desenvolveu a metodologia GeoABC+, voltada para o monitoramento do uso e cobertura da terra com o suporte de tecnologias de sensoriamento remoto e inteligência artificial.

A metodologia GeoABC+ converte imagens de satélite em arquivos digitais georreferenciados e classificados, possibilitando a identificação de padrões de uso da terra com base na coloração em escala de cinza. Cada arquivo correspondente a cada ano-safra foi disponibilizado no formato GeoTIFF, já processado segundo a classificação proposta. Nessa escala, os valores variam de 0 a 3, sendo: 0 para áreas não identificadas, 1 para áreas ocupadas com soja cereal, 2 para áreas classificadas como ILP e 3 para áreas cultivadas com soja/algodão.

A primeira etapa da análise consistiu na visualização e inspeção das imagens utilizando o software QGIS, versão 3.34.9-Prizren. Essa ferramenta permitiu a leitura dos arquivos GeoTIFF e a verificação visual da classificação das áreas. O processo de tratamento dos dados se deu em 6 fases conforme ilustrado na Figura 1.

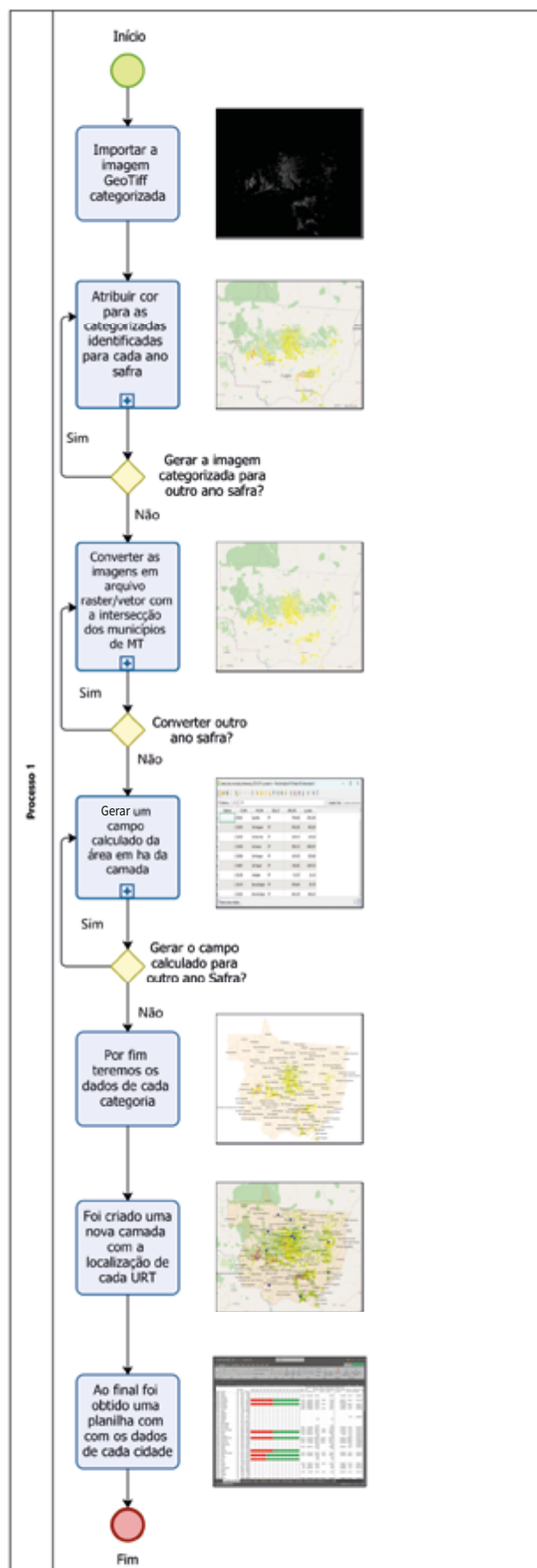


Figura 1. Etapas do processo de tratamento dos dados.

Durante o processo de tratamento dos dados, foi realizada a conversão das imagens em arquivo vetorizado para realização dos cálculos das áreas identificadas em cada sistema de produção.

Segundo Wruck (2019), existem 12 URTs no estado de Mato Grosso, implantadas no período de 2007 a 2014, conforme a Tabela 1 abaixo.

Para a etapa de consolidação dos dados, foi adotada a base cartográfica dos municípios do estado de Mato Grosso, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). Essa base foi utilizada por conter a totalidade dos municípios do estado, além de informações essenciais como o código do município (CD_MUN), nome, unidade federativa e área territorial em quilômetros quadrados.

Com base nessa estrutura, foi criado um arquivo de consolidação que contém a tabela principal e, adicionalmente, uma aba para cada ano-safra e tipo de cobertura identificada nas imagens processadas. A organização em múltiplas tabelas permitiu automatizar o processo de integração dos dados por meio de fórmulas vinculadas ao campo "CD_MUN", o qual serviu como chave primária. Assim, para cada município, foi possível localizar e extrair automaticamente, das planilhas correspondentes, as informações sobre a presença e a extensão das áreas classificadas como soja cereal, ILP ou soja/algodão em cada safra. Esse procedimento viabilizou uma sistematização eficiente dos dados por tipo de uso da terra, ano e município. Para representar a

Tabela 1. URTs implantadas e em construção com sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Estado de Mato Grosso.

Ano de implantação	Local	Polo Agro-econômico	Bioma	Área (ha)	Sistemas ILPF validados (un.)
2007	Fazenda Certeza, Querência	Nordeste/ Vale do Xingu	Ecótono Amazônia-Cerrado	9	ILF (1)
2009	Fazenda Gamada, Nova Canaã do Norte	Norte	Amazônia	70	ILPF (10)
2010	Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem	Médio-Norte	Ecótono Amazônia-Cerrado	10	ILPF (4)
2010	Fazenda Brasil, Barra do Garças	Sudeste/ Vale do Araguaia	Cerrado	90	ILPF (9)
2010	IFMT, Cáceres	Centro-Sul	Pantanal	13	ILPF (4)
2011	Embrapa Agrossilvipastoril (Corte), Sinop	Médio-Norte	Ecótono Amazônia-Cerrado	100	ILPF (3), ILP (2), IPF (1), ILF (1)
2011	Embrapa Agrossilvipastoril (Leite), Sinop	Médio-Norte	Ecótono Amazônia-Cerrado	50	ILPF (3)
2011	Fazenda Guarantã, Juara	Noroeste/ Vale do Arinos	Ecótono Amazônia-Cerrado	80	ILPF (8)
2011	Fazenda Bacaeri, Alta Floresta	Norte	Amazônia	80	IPF (1)
2012	Fazenda Vó Berto, Marcelândia	Médio-Norte	Ecótono Amazônia-Cerrado	26	ILPF (3)
2014	Fazenda Gravataí, Itiquira	Sudeste	Cerrado	270	ILP (1), ILP (1), IPF (1)
2014	Fazenda São Paulo, Brasnorte	Noroeste/ Chapada dos Parecis	Cerrado	50	ILP (1), IPF (8)

Fonte: Wruck (2019).

presença da URT no município, foi definido que seria usado “0” para os anos sem URT e “1” para os anos com URT para cada município.

A Tabela 2, a seguir, apresenta as variáveis de controle utilizadas na metodologia.

Com a planilha consolidada, os dados foram importados e processados no software Stata, versão 16, para a realização das análises econométricas. Aplicou-se o método DiD, uma técnica de inferência causal amplamente utilizada para avaliar o impacto de intervenções ou eventos. Essa metodologia compara a variação da variável dependente ao longo do tempo entre dois grupos – um tratado e outro de controle – antes e depois da ocorrência de um evento específico, permitindo isolar o efeito causal associado à intervenção.

Descrição detalhada da etapa para avaliação de impacto

A presente etapa metodológica tem como objetivo avaliar o impacto da presença das URTs, no nível municipal, sobre a adoção do sistema de ILP no estado de Mato Grosso, no período de 2011 a 2021. Para isso, adotou-se o método de diferenças em diferenças (difference-in-differences – DiD), reconhecido por sua robustez na mensuração de efeitos causais, especialmente em contextos com heterogeneidade não observável entre unidades de análise.

Tradicionalmente, a estrutura do modelo DiD baseia-se em dois períodos de tempo: um pré-tratamento, no qual nenhuma unidade é tratada, e um pós-tratamento, no qual parte das unidades recebe o tratamento. No entanto, considerando a natureza dos dados utilizados neste estudo, obtidos por meio do projeto GeoABC, a modelagem foi ajustada para abranger múltiplos períodos (de 2011 a 2021), com entrada escalonada no tratamento. Ou seja, os municípios foram expostos à intervenção (implantação da URT) em diferentes momentos ao longo da série temporal, o que justifica o uso de um modelo com tratamento estendido e entrada variável no tempo.

A avaliação de impacto busca estimar o efeito médio da intervenção sobre um ou mais indicadores de interesse – nesse caso, a área cultivada com sistemas ILP. A intervenção em questão é representada pela presença da URT nos municípios, cuja finalidade é promover a adoção de práticas sustentáveis por meio da transferência de tecnologias desenvolvidas para a integração lavoura-pecuária.

Dessa forma, o grupo de tratamento é composto pelos municípios que receberam a implantação da URT no período analisado, enquanto o grupo de controle é formado por municípios que não contam com a presença da URT. A comparação entre esses dois grupos, ao longo do tempo, permite estimar o impacto da

Tabela 2. Variáveis de controle.

Nome da variável	Descrição	Fonte
Área com integração lavoura-pecuária (ILP)	Área total em hectares identificada com ILP plantada	Projeto GeoABC (Simões et al., 2016a, 2016b; Gregio & Faria, 2022)
Área soja/milho	Área total em hectares identificada com sucessão soja/milho plantada	Projeto GeoABC (Simões et al., 2016a, 2016b; Gregio & Faria, 2022)
Área soja/algodão	Área total, em hectares, identificada com sucessão soja/algodão plantada	Projeto GeoABC (Simões et al., 2016a, 2016b; Gregio & Faria, 2022)
Área total plantada	Somatório da área total, em hectares, identificada com sucessões ILP, soja/milho e soja/algodão plantadas	Projeto GeoABC (Simões et al., 2016a, 2016b; Gregio & Faria, 2022)
Município	Mapa com as cidades do estado de Mato Grosso	IBGE (2022)

presença da URT sobre a variável de interesse, exercendo esse controle para efeitos fixos temporais e específicos dos municípios.

A estratégia econométrica empregada busca estimar o efeito médio do tratamento (average treatment effect – ATE) e, principalmente, o efeito médio do tratamento sobre os tratados (average treatment effect on the treated – ATT), que corresponde à estimativa do efeito causal médio da intervenção nos municípios efetivamente tratados. A escolha por esse enfoque justifica-se pelo interesse em mensurar o impacto real da URT sobre os municípios onde a tecnologia foi efetivamente implantada, proporcionando evidências empíricas que possam subsidiar políticas públicas de disseminação de tecnologias sustentáveis no setor agropecuário.

O processo para o cálculo da avaliação de impacto contou com 2 etapas:

- Aplicação do modelo DiD para cálculo do contrafactual com PSM para o ATT.

Passo 1 - O método DiD estima o ATT comparando grupos antes e depois da intervenção, corrigindo viés temporal, mas requer tendências paralelas.

$$\delta_{ATT} = E[(y_{1,t=2} - y_{1,t=1}) - (y_{0,t=2} - y_{0,t=1}) | X, D = 1]$$

- Aplicação do estimador duplamente robusto para o ATT.

Passo 2 - Estimador duplamente robusto para o ATT combinando IPW e o ajuste de regressão (equação abaixo).

$$ATT(g, t) = E \left[\left(\frac{d_{ig}}{E[d_{ig}]} - \frac{\hat{p}(X)C}{E[\hat{p}(X)C]} \right) (y_{1,t} - y_{1,t=g-1} - E[y_{0,t} - y_{0,t=g-1} | X, C=1]) \right]$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atualmente, o estado de Mato Grosso é composto por 142 municípios, número atualizado após a decisão do Supremo Tribunal Federal (STF), em 2023, que validou a criação do município de Boa Esperança do Norte. Contudo, para os fins deste estudo, cuja série histórica abrange o período de 2011 a 2021, o novo município foi desconsiderado, totalizando 141 municípios na análise.

Desses, 11 municípios registraram a presença de URTs, implementadas entre os anos de 2007 e 2014, como parte do programa de transferência de tecnologia voltado à promoção de sistemas sustentáveis de produção. Os demais 130 municípios não apresentaram registros de URTs no período analisado.

Com base nos dados obtidos do Projeto ABC+, foi possível estimar as áreas identificadas com três tipos principais de cobertura agrícola: soja cereal, ILP e soja/algodão. As estimativas foram realizadas para cada ano-safra entre 2010 e 2020, adotando-se o ano civil subsequente como referência final, de modo a compatibilizar os dados de cobertura com outras variáveis socioeconômicas disponíveis nesse recorte temporal. Dessa forma, a série de análise considerou o intervalo entre 2011 e 2021.

A Figura 2 apresenta a distribuição dos municípios de acordo com a implantação das URTs no período. Observa-se a ocorrência de quatro padrões distintos: i) a maioria dos municípios (n = 130) não apresentou implantação de URTs em nenhum momento do intervalo considerado; ii) oito municípios contavam com URTs implantadas anteriormente a 2011;

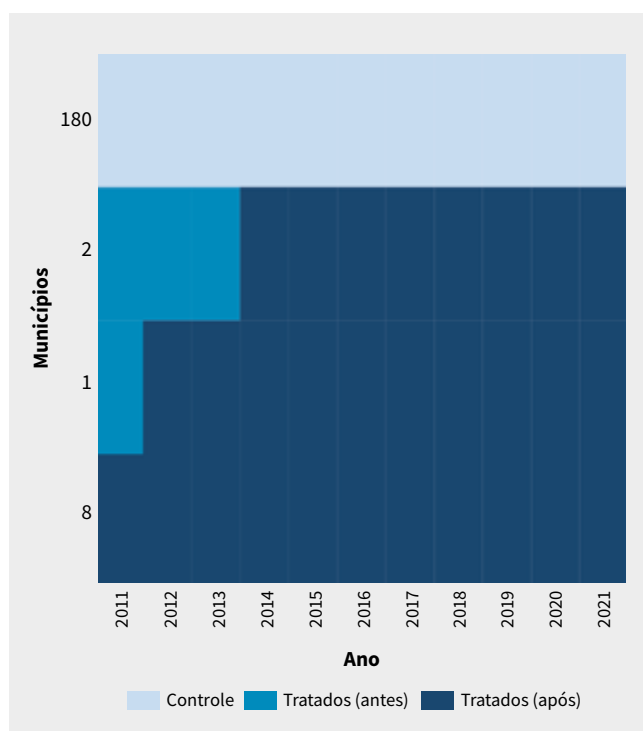


Figura 2. Municípios em relação à implantação da unidade de referência tecnológica (URT).

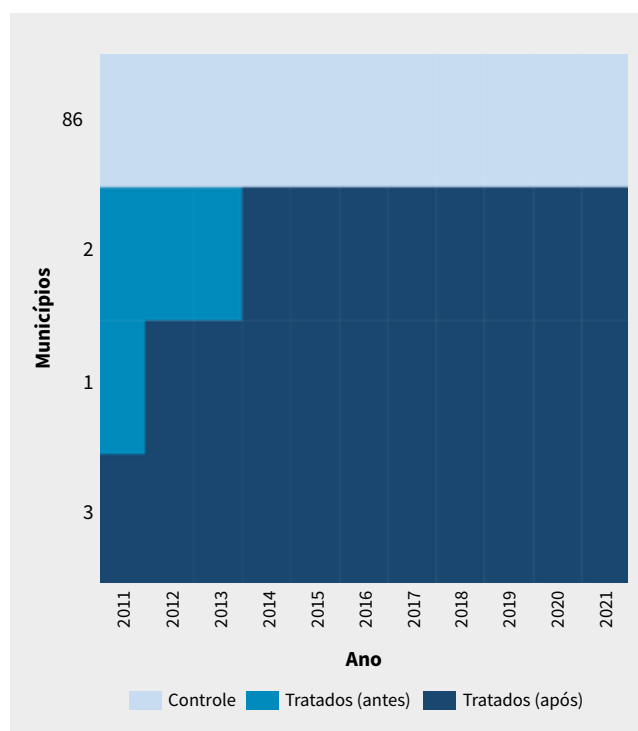


Figura 3. Municípios por ano da presença da unidade de referência tecnológica (URT).

e iii) três municípios passaram a contar com URTs a partir de 2012. Essa heterogeneidade temporal na adoção do programa de URTs é um elemento central na estratégia de avaliação de impacto adotada neste estudo, especialmente ao considerarem-se os múltiplos períodos e o escalonamento na introdução da intervenção nos municípios tratados.

A análise inicial dos dados revelou que uma parcela significativa dos municípios apresentava 100% da área cultivada classificada como ILP. Após verificação e revisão dos dados, essa condição persistiu, indicando um possível viés de superestimação ou inconsistência na classificação para determinados casos. Diante disso, optou-se por realizar um controle amostral, com a exclusão dos municípios pertencentes ao último decil da distribuição da variável percentual de área com ILP, de modo a mitigar o efeito de *outliers* sobre os resultados econométricos.

A Figura 3 ilustra a nova configuração dos municípios em relação à presença de URTs no período de 2011 a 2021, após o ajuste da amostra.

Mesmo com o controle aplicado, mantiveram-se quatro dinâmicas distintas. O grupo de controle passou a ser composto por 86 municípios que não registraram implantação de URTs ao longo do período. No grupo tratado, observaram-se dois subconjuntos: três municípios com URTs implantadas entre 2007 e 2011, e três municípios com implantações a partir de 2012.

Para fins de consistência metodológica, os municípios que receberam a implantação de URTs no ano de 2011 foram excluídos da análise de impacto. Essa decisão baseia-se na premissa que, para a aplicação do modelo de diferenças em diferenças, é necessário dispor de ao menos um período anterior à intervenção em que nenhum município tenha sido tratado. Dessa forma, das 11 URTs originalmente identificadas no estado de Mato Grosso, apenas 3 compõem o grupo de municípios tratados.

A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas da área identificada com ILP, expressa em hectares, discriminadas entre os grupos tratado e de controle, no intervalo de 2011 a 2021.

Tabela 3. Cálculo da área (ha) média com integração lavoura-pecuária (ILP), do desvio-padrão, e das áreas mínima e máxima para a série histórica, para conjunto de municípios não tratados (sem unidade de referência tecnológica - URT) e tratados (com unidade de referência tecnológica - URT) em Mato Grosso, por ano.

Ano	Munic. não trat.	Munic. trat.	Área média com ILP, não tratados	Área média com ILP, tratados	Desvio-padrão com ILP, não tratados	Desvio-padrão com ILP, tratados	Área mín. com ILP, tratados	Área máx. com ILP, não tratados	Área máx. com ILP, tratados
2011	89	3	5.328	12.519	8.217	5.357	6.429	48.893	16.504
2012	88	4	10.697	11.277	16.838	8.913	152	78.912	21.813
2013	88	4	8.993	11.691	13.192	9.145	406	53.348	22.231
2014	86	6	10.467	24.428	13.732	22.279	1.816	52.543	66.012
2015	86	6	13.284	33.418	16.570	20.622	8.553	71.209	61.557
2016	86	6	9.566	20.717	12.994	14.347	6.387	50.198	44.304
2017	86	6	12.315	29.137	15.125	15.483	10.489	62.224	49.700
2018	86	6	16.663	34.376	19.440	15.340	14.972	80.539	53.318
2019	86	6	15.866	36.349	19.060	19.935	17.800	74.884	65.898
2020	86	6	11.936	37.758	13.517	21.697	20.016	48.770	76.159
2021	86	6	11.712	27.541	14.794	18.296	9.518	62.651	59.232

Os dados evidenciam uma tendência de crescimento na adoção da ILP em ambos os grupos ao longo da série histórica, porém, com dinâmicas distintas. Nos municípios tratados, observou-se um aumento no número de localidades de 3, em 2011, para 6, em 2021, acompanhado por uma expansão média da área com ILP à taxa anual de 8,20%. Apesar de oscilações nos valores mínimos e máximos nos últimos anos, o comportamento geral indica um padrão de crescimento contínuo, possivelmente associado à presença das URTs como elemento de fomento tecnológico e técnico.

Nos municípios não tratados, também houve expansão da área média com ILP, com taxa anual próxima (8,19%); porém, o padrão foi mais irregular. O desvio-padrão mais elevado nesse grupo indica maior variabilidade na adoção do sistema, o que pode refletir limitações locais, como acesso restrito a tecnologias, assistência técnica ou condições institucionais. Em contraposição, a menor variabilidade e a maior taxa de consistência entre os municípios tratados sugerem que a presença da URT tem

desempenhado papel relevante na promoção de práticas sustentáveis de produção agropecuária no estado.

Cabe ressaltar que as áreas das URTs estão contidas nas áreas identificadas nos municípios, porém, como pode-se observar na Tabela 1, essas áreas são pequenas, e não significativas, possuindo uma variação de 26 ha a 270 ha.

Com o intuito de aprimorar a robustez da análise de impacto, foi conduzido um segundo exercício empírico, no qual foram incluídos como municípios tratados também aqueles que fazem limite geográfico com localidades onde há registro de propriedades rurais participantes do programa URT. A hipótese subjacente a essa abordagem é que a proximidade territorial pode gerar efeitos de transbordamento (*spillovers*), ampliando indiretamente o alcance da transferência tecnológica promovida pelas URTs e, conseqüentemente, favorecendo a adoção de sistemas sustentáveis como a ILP.

A Figura 4 ilustra a nova configuração dos municípios para o período de 2011 a 2021, após a

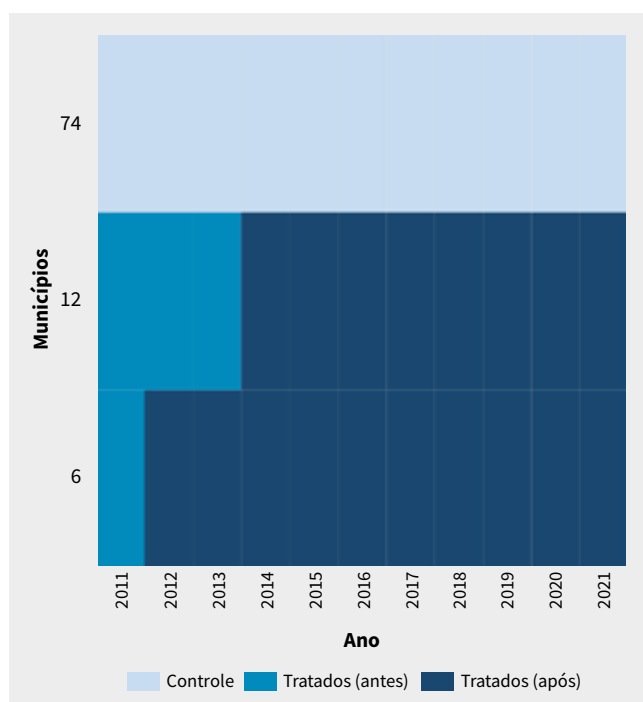


Figura 4. Municípios por ano da presença da unidade de referência tecnológica (URT), considerando a área de influência pelos municípios limítrofes.

aplicação de controle de *outliers* e incorporação dos municípios vizinhos como grupo tratado. Observa-se, ainda, a existência de três dinâmicas distintas: 74 municípios permaneceram sem a presença direta ou indireta de URTs durante todo o período analisado, compondo o grupo de controle; 6 municípios passaram a ser considerados tratados por abrigarem URTs implantadas entre 2007 e 2011; e 12 municípios foram classificados como tratados em virtude da implantação de URTs a partir de 2012, ou por fazerem divisa direta com municípios que receberam a tecnologia.

Essa estratégia de ampliação da definição do grupo tratado busca captar com maior fidelidade os possíveis impactos indiretos da política pública em questão, oferecendo uma perspectiva mais abrangente da influência territorial das URTs sobre a adoção de práticas agrícolas sustentáveis.

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas referentes à área ocupada com ILP, em hectares, para os grupos de tratamento e controle no período de 2011 a 2021, considerando

a inclusão dos municípios limítrofes aos que receberam URT.

A análise dos dados evidencia tendências relevantes na expansão da ILP nos municípios mato-grossenses. Destaca-se que os municípios classificados como tratados – por receberem diretamente uma URT ou por serem limítrofes a municípios com URT – apresentaram crescimento expressivo na área média destinada à ILP ao longo do período. A partir de 2014, observou-se uma inflexão acentuada, com a média da área tendo saltado de 3.721 hectares em 2013 para 18.578 hectares em 2014. Essa tendência de expansão se manteve nos anos seguintes, tendo culminado em um pico de 24.834 hectares em 2018.

Nos municípios não tratados, embora também haja variação, o crescimento da área média com ILP é menos pronunciado e mais irregular, o que pode sugerir limitações na difusão espontânea dessa prática produtiva em contextos sem apoio institucional direto.

A análise da dispersão dos dados, por meio do desvio-padrão, revela maior variabilidade entre os municípios do grupo de controle, com valores oscilando entre 12.221 hectares e 20.155 hectares ao longo da série. Em 2018, por exemplo, a área máxima registrada em um município não tratado atingiu 80.539 hectares, evidenciando a heterogeneidade no padrão de adoção da ILP. Por outro lado, os municípios tratados apresentaram, em geral, menor dispersão, o que pode ser interpretado como um indício de impacto mais uniforme decorrente da presença ou proximidade das URTs.

A persistência de áreas mínimas iguais a zero, mesmo entre os tratados, aponta para a existência de localidades que, apesar da presença da URT ou de sua vizinhança, ainda não implementaram ILP em escala significativa. Esse achado reforça a importância de políticas de acompanhamento e suporte técnico contínuo para assegurar a efetiva adoção das tecnologias preconizadas pelo programa.

Para mensurar o impacto da presença das URTs sobre a adoção dos sistemas sustentáveis

Tabela 4. Cálculo da área (ha) média com integração lavoura-pecuária (ILP), desvio-padrão, e área mínima e máxima para a série histórica, para conjuntos de municípios não tratados (sem unidade de referência tecnológica - URT) e tratados (com unidade de referência tecnológica - URT), considerando os municípios limítrofes em Mato Grosso, por ano.

Ano	Munic. não trat.	Munic. trat.	Área média com ILP, não tratados	Área média com ILP, tratados	Desvio-padrão com ILP, não tratados	Desvio-padrão com ILP, tratados	Área mín. com ILP, tratados	Área máx. com ILP, não tratados	Área máx. com ILP, tratados
2011	92	0	5.562	0	8.220	0	0	48.893	0
2012	86	6	11.195	3.954	16.979	4.594	0	78.912	9.805
2013	86	6	9.486	3.721	13.343	4.449	57	53.348	10.905
2014	74	18	9.626	18.578	13.337	17.917	0	52.543	66.012
2015	74	18	12.351	23.829	16.319	19.388	0	71.209	61.555
2016	74	18	8.415	18.014	12.221	15.031	0	50.198	44.304
2017	74	18	11.455	21.461	14.884	16.467	0	62.224	49.700
2018	74	18	16.112	24.834	19.774	17.846	0	80.539	53.318
2019	74	18	15.723	23.281	20.155	16.692	0	74.884	50.847
2020	74	18	12.284	19.117	15.687	13.246	0	76.159	43.964
2021	74	18	10.662	21.307	13.889	18.723	0	62.651	62.002

de produção, com foco na ILP, foram adotadas técnicas de inferência causal, em particular, o modelo DiD com entrada escalonada. O uso desse modelo busca evitar interpretações equivocadas, decorrentes de comparações descritivas simples – muitas vezes chamadas de comparações ingênuas – que não controlam adequadamente os fatores não observados que variam no tempo e entre os grupos.

A estimação do ATT foi realizada utilizando o método DiD com múltiplos períodos, incorporando variáveis de controle e ponderação pelo inverso da probabilidade (IPW), o que permite maior precisão na comparação entre os municípios com e sem URT. Essa abordagem

contribui para reduzir possíveis vieses de seleção e confere maior robustez aos resultados.

A Tabela 5 apresenta os resultados da estimação do ATT médio para a área e a proporção da área ocupada com ILP em relação à área total cultivada com as sucessões soja/milho e soja/algodão, incluindo erro-padrão, estatística z, valor-p e intervalo de confiança. Os resultados indicam que a presença das URTs está associada a um aumento significativo de 11.089,97 hectares na área com ILP e 10,77 pontos percentuais na proporção da área ocupada com ILP, efeito esse estatisticamente significativo ao nível de 5% (valor-p = 0,026 e 0,024, respectivamente). Esses resultados sugerem que a implantação das

Tabela 5. Efeitos médios do tratamento sobre a área com integração lavoura-pecuária (ILP) (hectares e proporção), nos municípios com unidade de referência tecnológica (URT) e com URT e adjacentes, estimados pelo método de diferenças em diferenças.

Grupo tratado	Produto	ATT	Erro Padrão	Z	P> z	Intervalo de confiança de 95%
Municípios com URT	Área com ILP (hectares)	11.089,97	4.971,45	2,23	0,03	1.346,10 20.833,84
	Proporção ILP/soja-milho/algodão (%)	10,78	4,78	2,26	0,02	1,41 20,14
Municípios com URT e adjacentes	Área com ILP (hectares)	3.283,19	1.853,52	1,77	0,08	-349,64 6.916,02
	Proporção ILP/soja-milho/algodão (%)	3,88	2,58	1,48	0,14	-1,23 8,89

URTs tem desempenhado um papel relevante na ampliação das práticas sustentáveis nos municípios mato-grossenses, especialmente por meio da promoção da integração lavoura-pecuária. Sugerem, também, que as URTs não apenas incentivaram a expansão da ILP em termos absolutos, mas também contribuíram para o aumento relativo da adoção dessa prática sustentável em relação às culturas dominantes. Assim, as URTs se consolidam como instrumentos estratégicos na disseminação de sistemas integrados de produção, promovendo maior eficiência no uso da terra e avanços na sustentabilidade agrícola regional.

A análise é complementada por desdobramentos do ATT por ano (Tabela 6) e por grupo de entrada (ano de implantação da URT), conforme mostrado na Tabela 7, permitindo observar a dinâmica do efeito ao longo do tempo e identificar eventuais heterogeneidades.

Os coeficientes estimados refletem o efeito isolado do tratamento em cada ano sobre os municípios tratados. Observa-se uma trajetória geral de crescimento da área com ILP após a introdução das URTs, com efeitos negativos nos dois primeiros anos que podem estar relacionados ao tempo necessário para estruturação local, adaptação tecnológica e engajamento dos produtores. A partir do terceiro ano, os efeitos positivos tornam-se consistentes e, em diversos momentos, estatisticamente significativos, indicando um processo de maturação da estratégia de transferência de tecnologia.

Entre 2012 e 2015, verifica-se uma fase de expansão mais intensa, com aumentos percentuais anuais expressivos, sinalizando uma aceleração da adoção da ILP nos municípios beneficiados. Nos anos seguintes, há uma tendência de estabilização dos efeitos, o que

Tabela 6. Efeitos anuais do tratamento (ATT) sobre a área com integração lavoura-pecuária (ILP) (hectares e proporção), estimados por diferenças em diferenças com múltiplos períodos.

ATT	ATT (ha)	Erro-padrão (ha)	P> z (ha)	ATT (%)	Erro-padrão (%)	P> z (%)
2012	-2.265,707	859,3255	0,008	8,77238	1,783361	0,000
2013	-924,148	402,6681	0,022	6,50123	1,961236	0,001
2014	12.014,3	5.820,292	0,039	10,0602	1,207197	0,000
2015	20.886,54	9.167,764	0,023	19,9208	5,483951	0,000
2016	8.086,163	4.606,9	0,079	10,2715	3,738874	0,006
2017	10.266,57	7.390,655	0,165	9,35847	6,175839	0,130
2018	11.568,41	5.854,792	0,048	9,21232	7,103419	0,195
2019	8.562,469	7.961,142	0,282	7,77647	9,32347	0,404
2020	12.056,28	6.729,817	0,073	11,2892	9,987878	0,258
2021	13.735,62	3.754,692	0,000	10,4100	2,690645	0,000
ATT médio	9.398,651	3.998,388	0,019	10,3572	4,303715	0,016

Tabela 7. Efeitos médios do tratamento (ATT) sobre a área com integração lavoura-pecuária (ILP) nos grupos de municípios com unidade de referência tecnológica (URT), por ano de entrada.

	Munic.	ATT (ha)	Erro-padrão (ha)	P> z (ha)	ATT (%)	Erro-padrão (%)	P> z (%)
2012	1	5.631,245	525,5774	0,000	18,96724	1,67669	0,000
2014	2	14.501,67	6.882,3	0,035	5,656159	4,605617	0,219
Média do grupo		11.544,86	5.198,849	0,026	10,09319	4,72601	0,033

sugere a consolidação das práticas integradas nos sistemas produtivos. Ainda assim, variações interanuais nos resultados indicam que fatores externos, como variações climáticas, políticas de incentivo ou flutuações de mercado, podem interferir no ritmo de adoção.

De forma geral, os resultados reforçam o papel das URTs como instrumentos eficazes de indução tecnológica, com impactos positivos tanto na expansão absoluta da área com ILP quanto na sua representatividade proporcional dentro da agricultura local. A consistência dos efeitos ao longo dos anos e sua intensificação em médio prazo evidenciam o potencial das URTs como política pública voltada à intensificação sustentável da produção agropecuária.

Por sua vez, a Tabela 7 apresenta os resultados da estimativa do ATT e em comparação com as áreas plantadas com soja/milho e soja/algodão, por grupo de entrada, discriminando erro-padrão, estatística z, valor-p, intervalo de confiança e o respectivo ano de implantação da URT. A análise considera dois grupos de municípios tratados: um município com URT implantada em 2012, e dois municípios com implantação em 2014.

No grupo de 2012, os resultados indicam um aumento médio de aproximadamente 5,6 mil hectares de área com ILP, com impacto estatisticamente significativo também em termos proporcionais, demonstrando uma adoção da prática ao longo do tempo. No grupo de 2014, o incremento médio estimado foi maior, tendo atingido cerca de 14,5 mil hectares; no entanto, os efeitos não se mostraram estatisticamente significativos para a proporção da área, o que sugere maior variabilidade ou heterogeneidade no comportamento da adoção nesse grupo.

A comparação entre os grupos revela que, além do impacto positivo geral associado à presença das URTs, a magnitude e a significância dos efeitos podem variar conforme o ano de entrada no tratamento. Essa variação pode estar relacionada a fatores contextuais, como diferenças nas condições climáticas,

nas conjunturas econômicas regionais ou na efetividade das ações de extensão rural em cada localidade. Também é possível que a maior intensidade do impacto observado no grupo de 2014, em termos absolutos, reflita uma combinação de maior capacidade institucional, estrutura de apoio técnico mais consolidada ou maior receptividade dos produtores locais.

Esses achados reforçam a relevância de considerar as especificidades locais e temporais no desenho e avaliação de políticas públicas voltadas à promoção de tecnologias sustentáveis na agricultura. A diferenciação por grupo de entrada evidencia que o momento e o contexto da implantação das URTs podem influenciar significativamente seus resultados, o que reforça a importância do planejamento territorial e da coordenação institucional no sucesso de estratégias como a integração lavoura-pecuária.

Foram conduzidos estudos de evento (*event studies*) como testes de robustez, reforçando a validade dos achados ao verificar-se a ausência de tendências pré-tratamento que pudessem comprometer a inferência causal. As Figuras 5 e 6 apresentam os testes de robustez por meio da metodologia de *event studies*, incorporando defasagens e antecipações ao período de tratamento. Essa abordagem permite verificar se a suposição de tendências paralelas entre os grupos tratados e de controle é plausível. Neste estudo, adota-se a hipótese de tendências paralelas condicionadas às variáveis de controle – uma suposição menos restritiva, que confere maior flexibilidade ao modelo.

De modo geral, os coeficientes estimados para os períodos anteriores ao tratamento não são estatisticamente significativos, enquanto alguns dos efeitos posteriores mostram significância estatística. Esse padrão reforça a validade da suposição de tendências paralelas e a credibilidade dos resultados estimados.

A Figura 5 ilustra os efeitos estimados da presença das URTs sobre a área ocupada com ILP, comparando diferentes grupos de controle. O painel à esquerda utiliza como grupo de

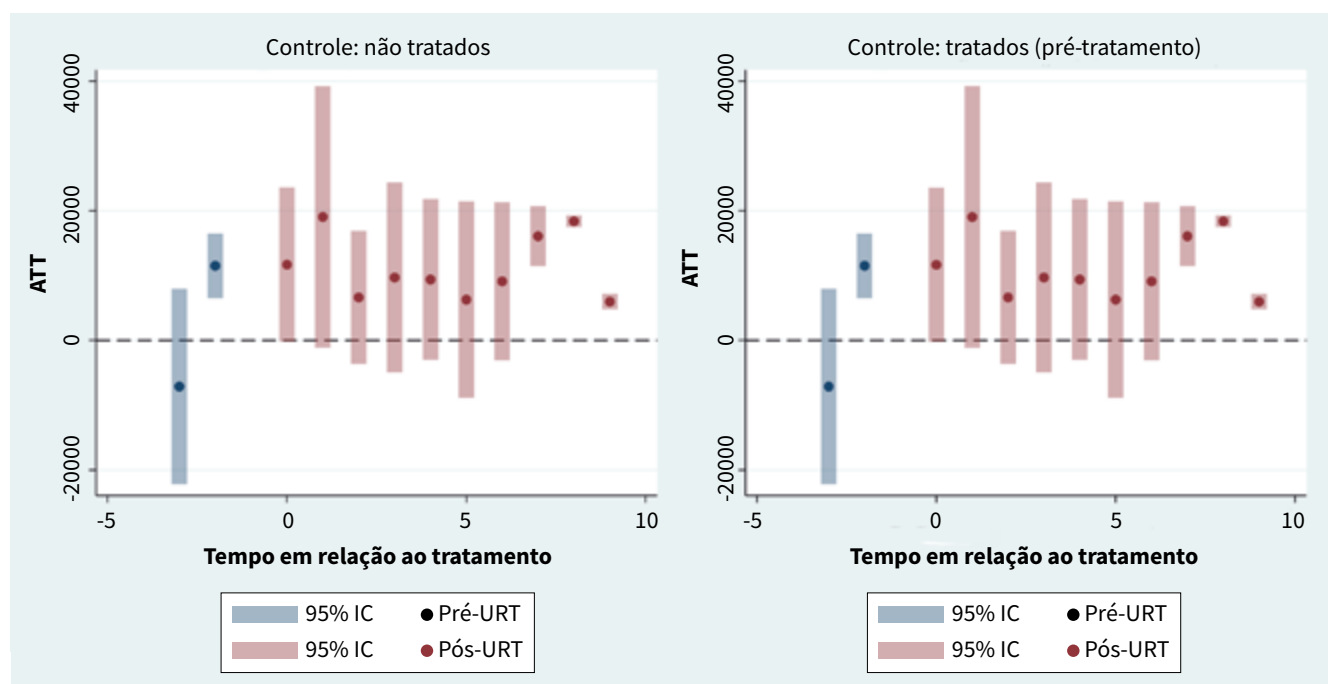


Figura 5. Impacto da unidade de referência tecnológica (URT) para a área ocupada com integração lavoura-pecuária (ILP).

controle os municípios que nunca receberam URT, enquanto o painel à direita adota como controle os municípios tratados, observando apenas o período anterior à implantação das URTs (pré-tratamento).

Em ambos os painéis, os pontos azuis (pré-tratamento) e vermelhos (pós-tratamento) representam os valores estimados do ATT, acompanhados por barras que indicam os intervalos de confiança de 95%. A linha pontilhada na altura zero marca a ausência de impacto. O eixo horizontal expressa os períodos relativos ao momento do tratamento, com valores negativos correspondendo aos anos anteriores à implantação das URTs, e valores positivos, aos anos posteriores.

A Figura 6 apresenta uma análise detalhada dos efeitos da presença das URTs sobre a proporção de área com ILP, utilizando dois grupos de comparação. No painel à esquerda, que considera como controle os municípios não tratados, as barras azuis representam os períodos anteriores à implantação das URTs. Esses resultados indicam que a presença das URTs tem potencial para gerar efeitos positivos

e sustentados na adoção de práticas de ILP, com impactos mais pronunciados ao longo do tempo. Comparativamente, o grupo tratado apresenta ganhos mais consistentes e significativos do que o grupo de controle, reforçando a importância das URTs como instrumento de estímulo à adoção de sistemas produtivos sustentáveis.

A agricultura contemporânea enfrenta o desafio de atender à crescente demanda global por alimentos, impulsionada pela projeção populacional que aponta cerca de 10 bilhões de pessoas até 2050. Esse cenário impõe a necessidade de sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis, capazes de garantir a segurança alimentar sem comprometer os recursos naturais. No Brasil, a expansão agrícola encontra limites relacionados à disponibilidade de terras e à urgência da conservação ambiental. Nesse contexto, os sistemas integrados de produção, especialmente a ILP, despontam como alternativas promissoras ao promoverem o uso racional do solo, a ciclagem de nutrientes e a redução dos impactos ambientais.

O estado de Mato Grosso, principal polo da produção agrícola brasileira, apresenta condições

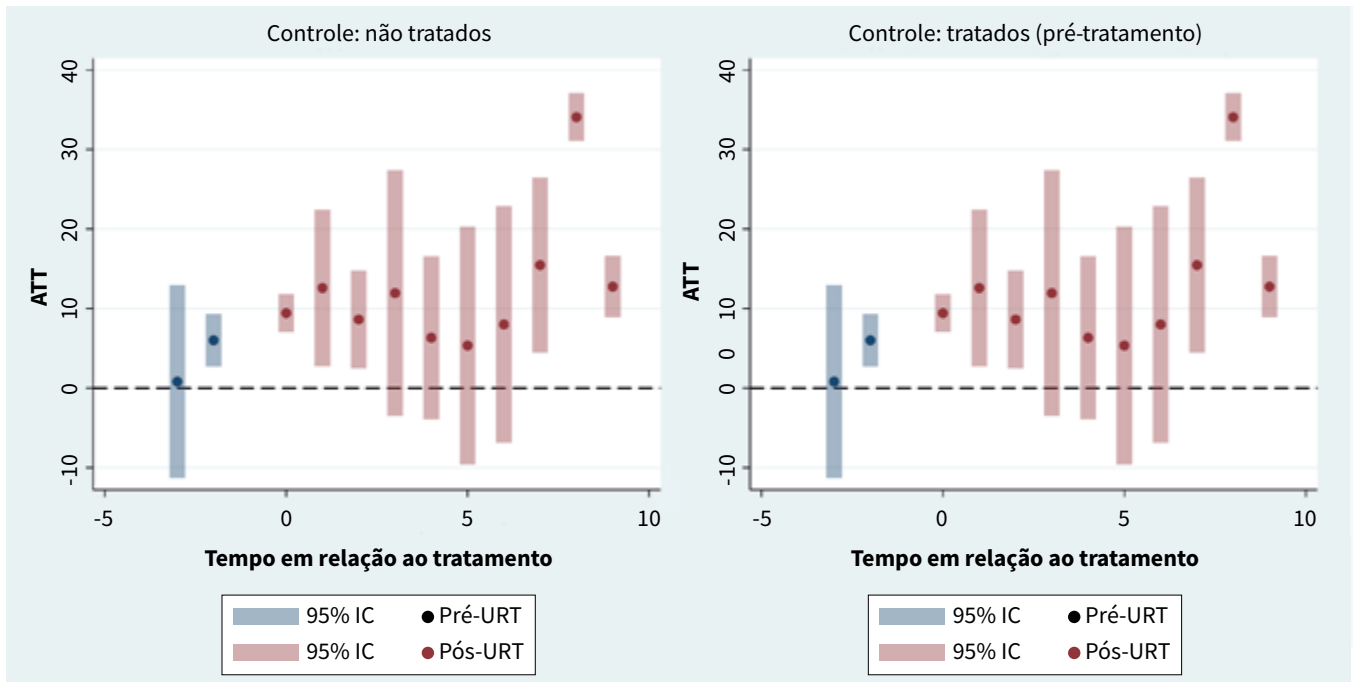


Figura 6. Impacto da unidade de referência tecnológica (URT), para a área ocupada com integração lavoura-pecuária (ILP) em porcentagem.

favoráveis à implementação da ILP devido à sua ampla área territorial e à diversidade de biomas. Contudo, a adoção desses sistemas ainda é limitada por barreiras técnicas, econômicas e pela necessidade de uma eficaz transferência de tecnologia ao produtor rural. É nesse cenário que as URTs assumem papel estratégico, funcionando como vitrines tecnológicas que facilitam a disseminação e a aceitação da ILP.

As URTs foram concebidas como plataformas práticas para demonstrar a viabilidade técnica e econômica dos sistemas integrados, incentivando sua replicação em larga escala. Com base na metodologia de diferenças em diferenças, este estudo avaliou o impacto das URTs na ampliação da área dedicada à ILP nos municípios de Mato Grosso. Os resultados demonstram que a presença dessas unidades teve um efeito positivo expressivo: nos municípios com URTs, a área com ILP aumentou, em média, 11 mil hectares em relação ao contrafactual sem a presença dessas unidades. Considerando também os municípios vizinhos como áreas de influência, esse impacto foi ampliado em cerca

de 3.300 hectares. Em termos relativos, a adoção da ILP apresentou um crescimento de 11 pontos percentuais na proporção da área agrícola dedicada a esse sistema.

O impacto das URTs vai além da expansão territorial da ILP. Elas promovem uma mudança cultural e tecnológica ao estimularem os produtores a adotarem práticas mais sustentáveis e integradas. Ao fornecerem exemplos concretos de sucesso, as URTs fortalecem a confiança dos produtores e facilitam a adoção de tecnologias inovadoras, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a resiliência econômica no meio rural.

Em síntese, os achados deste estudo evidenciam a relevância das URTs como instrumentos eficazes de transferência de tecnologia, capazes de superar entraves à adoção de sistemas sustentáveis. A experiência de Mato Grosso serve como referência para outras regiões interessadas em promover a intensificação sustentável da agricultura, por meio da disseminação de modelos produtivos mais integrados e resilientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstram, de forma robusta, o impacto positivo da presença das unidades de referência tecnológica (URTs) na adoção dos sistemas integrados de produção, com ênfase na integração lavoura-pecuária (ILP), nos municípios do estado de Mato Grosso. Utilizando o método de diferenças em diferenças com múltiplos períodos, observou-se que a implementação das URTs contribuiu significativamente tanto para o aumento da área absoluta ocupada com ILP quanto para a elevação proporcional dessas áreas em relação à área total cultivada com sucessões de culturas como soja/milho e soja/algodão.

A análise dos efeitos ao longo do tempo e por grupos de municípios indicou não apenas o crescimento da ILP em áreas diretamente atendidas pelas URTs, mas também efeitos positivos nas regiões adjacentes, sugerindo uma influência difusora dessas unidades. Os resultados também indicam que a consolidação dos impactos tende a se intensificar nos anos posteriores à implementação das URTs, destacando a importância da continuidade e do acompanhamento técnico ao longo do tempo.

Esses achados reforçam o papel estratégico das URTs como instrumentos eficazes de transferência de tecnologia e de incentivo à adoção de práticas sustentáveis. Ao funcionarem como espaços demonstrativos e de capacitação, as URTs contribuem para reduzir as incertezas dos produtores, superar barreiras técnicas e promover a intensificação sustentável do uso da terra.

Dessa forma, a experiência de Mato Grosso pode servir como referência para outras regiões que buscam conciliar aumento da produtividade, sustentabilidade ambiental e eficiência no uso dos recursos. A consolidação das URTs como política pública de apoio à inovação no campo revela-se promissora para a promoção de sistemas agrícolas mais resilientes e integrados, alinhados aos desafios da agricultura

contemporânea e às metas de desenvolvimento sustentável.

Contudo, é importante destacar algumas limitações deste estudo. A acurácia dos resultados depende diretamente da qualidade do modelo de detecção do sistema ILP desenvolvido pelo projeto GeoABC+. A definição das características dos cenários e o treinamento do algoritmo de inteligência artificial podem influenciar os dados analisados. Ainda que os resultados iniciais sejam promissores, estudos futuros deverão considerar aprimoramentos metodológicos para validação contínua dos dados, além da ampliação para diferentes contextos geográficos e produtivos. Como trabalhos futuros, sugere-se a aplicação do modelo e da metodologia em outros estados, onde poderá ser observada a acurácia do modelo entre os estados, podendo contribuir para uma melhoria geral. Além disso, também poderão ser comparadas as áreas de abrangência, além da possibilidade de estudos de mapeamento qualitativo a fim de criar e comparar os perfis dos produtores que adotam o sistema em cada estado.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, A.T.; MARTIN, D.P. Intermediaries for open innovation: a competence-based comparison of knowledge transfer offices practices. **Technological Forecasting and Social Change**, v.80, p.38-49, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.07.013>.
- AMORIM, G. da S. **Canais para transferência de tecnologia:** suporte à tomada de decisão para transferência de tecnologia no âmbito do Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA). 2022. 77p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Salvador. Disponível em: <<http://repositorio.ifba.edu.br/jspui/handle/123456789/303>>. Acesso em: 28 mar. 2025.
- ATHEY, S.; IMBENS, G.W. Design-based analysis in difference-in-differences settings with staggered adoption. **Journal of Econometrics**, v.226, p.62-79, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2020.10.012>.
- AVILA, A.F.D.; RODRIGUES, G.S.; VEDOVOTO, G.L. (Ed.). **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa:** metodologia de referência. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132174/1/>>

[MetodologiaReferenciaAvallImpactoEmbrapa.pdf](#)>. Acesso em: 10 mar. 2025.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L.F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103901/1/balbino-01.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2025.

BERNARDO, W.F.; MÜLLER, M.D.; MARTINS, N. de M.; MARTINS, C.E.; ESTEVÃO, P. O processo de escolha de uma propriedade para instalação de uma URT em ILPF: a experiência no território do Ribeirão do Boi. **Extensão Rural**, v.23, p.169-187, 2016. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1063560/1/O-processo-de-escolha-de-uma-propriedade-para-instalacao-de-uma-URT-em-ILPF.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2025.

BORUSYAK, K.; JARAVEL, X.; SPIESS, J. Revisiting event-study designs: robust and efficient estimation. **The Review of Economic Studies**, v.91, p.3253-3285, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/restud/rdae007>.

CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P.H.C. Difference-in-Differences with multiple time periods. **Journal of Econometrics**, v.225, p.200-230, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2020.12.001>.

CASTRO, P.G. de; TEIXEIRA, A.L. da S.; LIMA, J.E. de. A relação entre os canais de transferência de conhecimento das Universidades/IPPS e o desempenho inovativo das firmas no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v.13, p.345-370, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.20396/rbi.v13i2.8649082>>. Acesso em: 11 mar. 2025.

CHAISEMARTIN, C. de; D'HAULTOEUILLE, X. Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects. **American Economic Review**, v.110, p.2964-2996, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.20181169>.

CORDEIRO, L.A.M.; BALBINO, L.C.; GALERANI, P.R.; DOMIT, L.A.; SILVA, P.C.; KLUTHCOUSKI, J.; VILELA, L.; MARCHÃO, R.L.; SKORUPA, L.A.; WRUCK, F.J. Transferência de tecnologias para adoção da estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CORDEIRO, L.A.M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R.L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2015a. p.377-393. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1022419/1/ILPFcap20.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CORDEIRO, L.A.M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHAO, R.L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2015b. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139643/1/cordeiro-01.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2025.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **“Climate-smart” agriculture: policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation**. Rome, 2010. Disponível em: <https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/the-hague-conference-fao-paper.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2025.

FERNANDES, R.F.; ANTENOR, M.C.; ANDRADE, J.S.; BARROS FILHO, M.M.L.; ARAÚJO, A.L.C. de. Práticas de Transferência de Tecnologia: uma análise multicase. **Cadernos de Prospecção**, v.11, p.1342-1359, 2018. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v11i5.27316>. Acesso em: 15 mar. 2025.

FERREIRA JUNIOR, M.J.A. **Avaliação do impacto dos diferentes usos do solo nas emissões de C-CO₂ na região de planalto de Santarém, Pará**. 2012. 68p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém. Disponível em: <<https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/181>>. Acesso: 10 mar. 2025.

GOODMAN-BACON, A. Difference-in-differences with variation in treatment timing. **Journal of Econometrics**, v.225, p.254-277, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2021.03.014>.

GREGIO, F.; FARIA, G.R. **Área com sistemas lavoura-pecuária em Mato Grosso ultrapassa 2,6 milhões de hectares**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/busca-de-noticias/-/noticia/67714776/area-com-sistemas-lavoura-pecuaria-em-mato-grosso-ultrapassa-26-milhoes-de-hectares?p_auth=CMNtI8H2>. Acesso em: 5 mar. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal. In: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mato Grosso: municípios**. [Rio de Janeiro], 2022. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2022/UFs/MT/MT_Municipios_2022.zip>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ILPF em números. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2016. 1 folder. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158636/1/2016-cpamt-ilpf-em-numeros.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

KAUFMANN, V.L. **Impactos das políticas públicas acessórias da reforma agrária no desenvolvimento socioeconômicos de municípios paranaenses: estudo de caso**. 2020. 156p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25677>>. Acesso em: 3 fev. 2025.

MACHADO, L.A.Z.; BALBINO, L.C.; CECCON, G. **Integração lavoura-pecuária-floresta**. 1. Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 46p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 110). Disponível em: <<https://ainfo>.

cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58600/1/DOC2011110.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2025.

MAGALHÃES, C.A. de S.; ZOLIN, C.A.; LULU, J.; LOPES, L.B. **Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia**. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2018. 24p. (Embrapa Agrossilvipastoril. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 2). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206632/1/2018-cpamtciro-magalhes-conforto-termico-sistema-ilpf-cerrado-amaznia.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2025.

MARTÍNEZ, G.B. O papel da transferência de tecnologia e comunicação na consolidação da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) na Amazônia. In: SIMPÓSIO SOBER NORTE, 1., 2017, Belém. **A crise econômica e o futuro agropecuário no Norte**: desafios e potencialidades: anais. Belém: SOBER NORTE, 2017. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1083814/1/Arquivo2.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2025.

MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; EVANGELISTA, S.R.M. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. In: MASSRUHÁ, S.M. F.S.; LEITE, M.A. de A.; OLIVEIRA, S.R. de M.; MEIRA, C.A.A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, É.L. (Ed.). **Agricultura digital**: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília: Embrapa, 2020. cap.1, p.20-45. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126214/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2025.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo**: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. [Rio de Janeiro: UNIC Rio], 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2025.

PACHECO, A.R.; REIS, C.A.F.; SANTOS, A.M.; RODRIGUES, G.S.; BUSCHINELLI, C.C. de A. "Innovability" in Brazilian agribusiness. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS: 100% DIGITAL, 2., 2021, Campo Grande. **WCCLF 2021 proceedings**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2021. p.1003-1029. Editors: Roberto Giolo de Almeida, Luiz Adriano Maia Cordeiro, Davi José Bungenstab, Rodrigo Carvalho Alva and Lucimara Chiari. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1134873/1/CrisReis-proceedings-wcclf2021-12.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2025

PEDREIRA, B.C. e; DOMICIANO, L.F.; RODRIGUES, R.R. de A.; MORAES, S.R.G.; MAGALHÃES, C.A. de S.; MATOS, E. da S.; ZOLIN, C.A. Integração lavoura-pecuária: novas tendências. In: MEDEIROS, F.H.V.; PEDROSO, L.A.; GUIMARÃES, M. de R.F.; SILVA, B.A.A. de S. e; ALMEIDA, L.G.F. de; SILVA, F. de J.; SILVA, R.L.M. da; FERREIRA, L.C.; PEREIRA, A.K.M.; COUTO, T.B.R.; GOMES, V.A.; MEDEIROS, R.M.; VEIGA, C.M. de O.; SILVA, M. de F.; FIGUEIREDO, Y.F.; GATTI, G.V.N.; NICOLLI, C.P. (Ed.). **Novos sistemas de produção**. Lavras: UFLA,

2017. cap.9, p.128-160. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167913/1/Cap-9-Novos-sistemas-de-producao-2017.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2025.

PEREIRA, S.E.M.; SKORUPA, L.A.; MANZATTO, C.V.; PENTEADO, M.I. de O.; OLIVEIRA, P. de; NOVAES, R.M.L.; SIMÕES, M. Áreas prioritárias para ações de transferência de tecnologia em sistemas ILPF no Brasil. In: SKORUPA, L.A.; MANZATTO, C.V. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília: Embrapa, 2019. p.380-399. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1118882/1/Pereiraareasprioritarias2019.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2025.

PINTO, B.C.M. **Impact of the Brazilian Low-Carbon Agriculture Program on recovery of degraded pastures and milk production**. 2020. 58p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <<https://locus.ufv.br/items/ca8b169f-4800-4f16-abe5-ae0a45c4acc1>>. Acesso em: 17 fev. 2025.

REIS, J.C. dos; KAMOI, M.Y.T.; LATORRACA, D.; MICHETTI, M. Avaliação da viabilidade econômico-financeira para um sistema de integração lavoura-pecuária em relação a um sistema de lavoura exclusiva em Mato Grosso, Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 55., 2017, Santa Maria. **Inovação, extensão e cooperação para o desenvolvimento**: anais. Brasília: SOBER, 2017. 20p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172392/1/2017-cpamt-julio-reis-viabilidade-economica-sistema-ilpf-vs-lavoura-exclusiva.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

RODRIGUES, R.E. de A. **Efeitos da construção de parques eólicos sobre indicadores econômicos e fiscais dos municípios brasileiros**. 2019. 61p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/40002>>. Acesso em: 14 fev. 2025.

SAIZ-RUBIO, V.; ROVIRA-MÁS, F. From smart farming towards agriculture 5.0: a review on crop data management. **Agronomy**, v.10, art.207, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10020207>.

SAMBUICHI, R.H.R.; PAULA, S. da R.; PERIN, G.; ALMEIDA, A.F.C.S. de; GUALDANI, C.; MARQUES, F.J. **Impactos do programa de aquisição de alimentos sobre a produção dos agricultores familiares**. Brasília: IPEA, 2022. (IPEA. Texto para discussão, 2820). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11615/1/TD_2820_Web.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2025.

SILVA, C.S. da; DALLACORT, R.; ZOLIN, C.A.; CARVALHO, M.A.C. de; MAGALHÃES, C.A. de S. Variabilidade microclimática em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no ecótono Cerrado/Amazônia. **Revista**

Brasileira de Climatologia, v.27, p.303-325, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v27i0.71250>.

SILVEIRA, A.L.R. da. **Impacto da implantação do sistema integração lavoura-pecuária-floresta em latossolo de Cerrado**. 2016. 83p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7132>. Acesso em: 25 fev. 2025.

SIMÕES, M.; FERRAZ, R.P.D.; FREITAS, P.L.; SKORUPAE, L.; MANZATTO, C.; PEREIRA, S.; EVANGELISTA, B.; XAUD, H.; XAUD, M.; MACHADO, P.L.O.A.; BÉGUÉ, A.; BELLÓN, B.; BARON, C.; LO SEEN, D.; COSTA, G. **Methodologies and technological innovation for satellite monitoring of low carbon agriculture in support to Brazil's ABC Plan - GeoABC Project**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016a. 1 folder. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056866/1/2016075.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2026.

SIMÕES, M.; NEVES, M.L.; FERRAZ, R.P.D.; FREITAS, P.L. Uso de satélite e métodos multi-escala para apoiar o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC). In: SEMINÁRIO PIBIC EMBRAPA SOLOS, 2015-2016, Rio de Janeiro. **Seminário PIBIC Embrapa Solos 2015/2016**: [anais]. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016b. p.33-36. Editores: Alba Leonor da Silva Martins, Caio de Teves Inácio, Claudia Regina Delaia Machado, Claudio Lucas Capeche, Jacqueline Silva Rezende Mattos, Lígia Souza Brandão. (Embrapa Solos. Documentos, 188). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1063076/1/2016142.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2026.

SKORUPA, L.A.; MANZATTO, C.V. Avaliação da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Brasil. In: SKORUPA, L.A.; MANZATTO, C.V. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília: Embrapa, 2019. p.340-379. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1118832/1/SkorupaSistemasIntegracaoLV2020paginas341380.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.

SUN, L.; ABRAHAM, S. Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. **Journal of Econometrics**, v.225, p.175-199, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2020.09.006>.

TOMADON JÚNIOR, J. **Avaliação do impacto ambiental causado pelo sistema produção de soja na região oeste do Paraná**. 2015. 161p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3700>. Acesso em: 10 abr. 2025.

WIDMARCK, J. de J.A. **Matopiba em transformação**: ascensão da soja, financeirização da terra e impactos socioeconômicos. 2023. 182p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.7052>. Acesso em: 11 abr. 2025.

WRUCK, F.J. Transferência de tecnologias para a integração lavoura-pecuária-floresta. In: FARIAS NETO, A.L. de; NASCIMENTO, A.F. do; ROSSONI, A.L.; MAGALHÃES, C.A. de S.; ITUASSÚ, D.R.; HOOGERHEIDE, E.S.S.; IKEDA, F.S.; FERNANDES JUNIOR, F.; FARIA, G.R.; ISERNHAGEN, I.; VENDRUSCULO, L.G.; MORALES, M.M.; CARNEVALLI, R.A. (Ed.). **Embrapa Agrossilvipastoril**: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável. Brasília: Embrapa, 2019. pt.9, cap.8, p.686-697. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/200746/1/2019-cpamt-agrossilvipastoril-part-9-cap-8-acoes-transferencia-tecnologia-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-mato-grosso-p-686-697.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2025.

WRUCK, F.J.; PEDREIRA, B.C. e; BEHLING, M.; MOREIRA, L.O.M.; FERNANDES, P.C.C. Sistemas ILPF e transferência de tecnologia nos estados de Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal. In: SKORUPA, L.A.; MANZATTO, C.V. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília: Embrapa, 2019. p.65-104. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/c/1120024/1/2019cpamtbrunopedreirasistemailpftransferenciatecnologiamatogrossogoiasdistrifederal.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

WRUCK, F.J.; PEDREIRA, B.C. e; OLIVEIRA JUNIOR, O.L. de; BEHLING NETO, A.; DOMICIANO, L.F. Integração lavoura-pecuária: consórcios forrageiros na entressafra. **Anuário de Pesquisas Agricultura**, v.3, p.25-34, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220926/1/2020-cpamt-fjw-integracao-lavoura-pecuaria-consorcio-forrageiro-entressafra.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.