



Dualismo tecnológico da agricultura na área de influência do mega complexo mineral de Carajás, Amazônia Oriental, Brasil

Technological dualism of agriculture under the influence of the mega carajás mineral complex, Eastern Amazon, Brazil

Dualismo tecnológico de la agricultura en el área de influencia del mega complejo mineral de Carajas, Amazonía Oriental, Brasil

Gabriel Costa Maciel Moia¹

Rosa de Nazaré Paes da Silva²

Débora Gonzaga Martin³

Vanessa da Paixão Alves⁴

Alfredo Kingo Oyama Homma⁵

Resumo

Este trabalho identifica os aspectos relevantes da modernização da agricultura com base nas características de 33 municípios sob influência do complexo minerário nos estados do Pará e Maranhão, para os anos de 2006 e 2017. Um conjunto de nove indicadores de modernização é submetido à análise fatorial, permitindo a criação de um índice de modernização sintetizado em três fatores: assistência técnica e uso de insumos modernos (fator 1); boas práticas agrícolas (fator 2); e organização social e crédito rural (fator 3). Os resultados apontam um crescimento na modernização da agricultura na região de, aproximadamente, 0,12 no período. Nos municípios do Pará verificou-se uma especialização a partir do fator 1, enquanto nos municípios maranhenses a modernização teve um caráter diversificado. O trabalho conclui que há dualismo tecnológico na região, com propriedades apresentando níveis distintos de

¹ Mestre em Economia Aplicada, Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: gabriel.moia@pq.itv.org Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3172-1973>

² Doutora em Agronomia, Agricultura, Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: rosa.paes@itv.org Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3284-1942>

³ Doutora em Administração, Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: debora.martin@pq.itv.org Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8392-6751>

⁴ Doutora em Economia, Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, Pará, Brasil.

E-mail: vanessa.alves@pq.itv.org Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9376-1022>

⁵ Doutor em Economia Rural, Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil.

E-mail: alfredo.homma@embrapa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0330-9858>





tecnologia da agricultura. Esse dualismo é mais visível quando comparado a especialização da agricultura através dos fatores. Notou-se um salto maior da modernização nos municípios mais próximos das áreas de extração de minério, ainda que não presente em todas as propriedades. Este dualismo tecnológico pode ter impactos importantes no desenvolvimento econômico e social da região. Pode contribuir para desigualdades na produtividade, na distribuição de renda e na capacidade de competir no mercado global. Frequentemente, são necessárias políticas e intervenções para mitigar essa dualidade e facilitar a transição para tecnologias mais avançadas em todos os setores. Este trabalho contribui para a pesquisa empírica acerca do processo de modernização da agricultura brasileira em nível de municípios que abrigam e/ou sofrem influência da mineração em larga escala.

Palavras-chave: Modernização. Agricultura. Mineração. Desenvolvimento Rural.

Abstract

This study identifies the relevant aspects of agriculture modernization based on the characteristics of 33 municipalities under the influence of the mining complex in the states of Pará and Maranhão, for the years 2006 and 2017. A set of nine modernization indicators is subjected to factorial analysis, allowing the creation of a modernization index synthesized into three factors: technical assistance and use of modern inputs (factor 1); good agricultural practices (factor 2); and social organization and rural credit (factor 3). The results indicate a growth in agricultural modernization in the region of approximately 0.12 over the period. In the municipalities of Pará, there was a specialization from factor 1, while in Maranhão municipalities, modernization had a diversified character. The study concludes that there is technological dualism in the region, with properties showing distinct levels of agricultural technology. This dualism is more visible when compared to the specialization of agriculture through the factors. A greater leap in modernization was noted in municipalities closer to the mining extraction areas, although not present in all properties. This technological dualism can have important impacts on the economic and social development of the region. It can contribute to inequalities in productivity, income distribution and the ability to compete in the global market. Policies and interventions are often needed to mitigate this duality and to facilitate the transition to more advanced technologies across sectors. This work contributes to empirical research on the process of modernizing Brazilian agriculture at the municipality level that houses and/or is influenced by large-scale mining.

Keywords: Modernization. Agriculture. Mining. Rural Development.





Resumen

Este trabajo identifica los aspectos relevantes de la modernización agrícola a partir de las características de 33 municipios bajo la influencia del complejo minero en los estados de Pará y Maranhão, para los años 2006 y 2017. Se somete a análisis factorial un conjunto de nueve indicadores de modernización, permitiendo la creación de un índice de modernización resumido en tres factores: asistencia técnica y uso de insumos modernos (factor 1); buenas prácticas agrícolas (factor 2); y organización social y crédito rural (factor 3). Los resultados indican un aumento en la modernización de la agricultura en la región de aproximadamente 0,12 en el período. En los municipios de Pará hubo especialización a partir del factor 1, mientras que en los municipios de Maranhão la modernización tuvo carácter diversificado. El trabajo concluye que existe dualismo tecnológico en la región, con propiedades que presentan diferentes niveles de tecnología agrícola. Este dualismo es más visible en comparación con la especialización de la agricultura entre factores. Un mayor salto en la modernización se notó en los municipios más cercanos a las zonas de extracción del mineral, aunque no estuvo presente en todas las propiedades. Este dualismo tecnológico puede tener impactos importantes en el desarrollo económico y social de la región. Puede contribuir a las desigualdades en la productividad, la distribución del ingreso y la capacidad de competir en el mercado global. A menudo se necesitan políticas e intervenciones para mitigar esta dualidad y facilitar la transición a tecnologías más avanzadas en todos los sectores. Este trabajo contribuye a la investigación empírica sobre el proceso de modernización de la agricultura brasileña a nivel de municipios que albergan y/o están influenciados por la gran minería.

Palabras clave: Modernización. Agricultura. Minería. Desarrollo Rural.

Introdução

As discussões sobre a importância do processo de modernização da agricultura no desenvolvimento rural vêm ganhando força ao longo dos anos, evidenciando que este tem sido marcado por diversas assimetrias, com regiões mais especializadas e produtivas enquanto outras evoluem mais vagarosamente (Rebello; Santos; Homma, 2011). A identificação dessas desigualdades permite o debate da melhoria do uso dos recursos naturais, assim como da influência positiva da produção no território, seja pela adequação da tecnologia com menor impacto ambiental ou pela elevação da produtividade através da geração de emprego e renda (Teixeira, 2005; Villela et al., 2016).





A agricultura brasileira inicia o seu processo de modernização, com objetivos e formas de exploração para o setor agropecuário, com expansão das atividades agropastoris, sendo em 2021 o maior produtor e exportador de soja, açúcar e café (USDA, 2022). Como consequência dessa intensificação, vê-se desdobramentos tanto na esfera social quanto econômica, que apesar de positivos através do efeito cumulativo, como a capacidade de investimento, o acesso a recursos produtivos e o aumento da produtividade, também apresentam implicações negativas como a concentração de renda, concentração da tecnologia e o êxodo rural (Lazaretti et al., 2019; Vieira Filho, 2022).

No caso da Amazônia brasileira, a presença dos grandes complexos minerais cria uma dinâmica territorial com uma nova reorganização das relações de produção, a partir da formação de movimentos migratórios pela expectativa de trabalho e renda e novas perspectivas para o desenvolvimento municipal (Rodrigues; Moreira; Colares, 2016; Silva et al., 2017). Dados sobre a distribuição de recursos tecnológicos podem ser pesquisados para verificar o papel da economia da mineração para o desenvolvimento do campo. Acerca disso, verifica-se que enquanto o fornecimento de energia elétrica no Pará atende em média 68% dos estabelecimentos agropecuários, em municípios cujos territórios sofrem influência da atividade da mineração no nordeste paraense, esse percentual chega a 84% (IBGE, 2017).

Além do acesso a luz elétrica, outros fatores servem para fornecer uma caracterização do padrão da modernização da agricultura abrangendo múltiplas dimensões do fenômeno, tais como a desigualdade regional em termos de adoção de tecnologia e modernização (Hoffmann; Kassouf, 1989; Souza; Kham, 2001; Corrêa; Figueiredo, 2006; Lavorato; Fernandes, 2016; Lima; Campos, Alves, 2022), os efeitos da modernização sobre o rendimento médio, índice de pobreza e desigualdade de renda (Hoffmann; Kageyamma, 1985), o agravamento das questões ambientais (Campos; Pereira; Teixeira, 2014), a mecanização da produção agrícola com capacidade de diminuição da poluição ambiental e o desequilíbrio ecológico ao encontro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Wang; Zhou, 2013; Tiyo; Orach-Meza; Edroma, 2015).

Apesar disso, para a região amazônica, e para os estados do Pará e Maranhão, em específico, poucos estudos utilizando indicadores sintéticos de modernização da agricultura foram realizados nos últimos anos. No que diz respeito à situação de municípios em torno da Estrada de Ferro Carajás (EFC), existe uma lacuna na literatura empírica acerca da elaboração de métricas para avaliação do desenvolvimento no campo conduzido pelo fenômeno da modernização da agricultura no contexto da mineração em larga escala. Assim, conhecer as disparidades de acesso a infraestruturas tecnológicas é fundamental para auxiliar a elaboração





e execução de políticas públicas voltadas para ampliar a disponibilidade e qualidade desses recursos e, assim, diminuir a desigualdade de acesso entre as regiões mais e menos desenvolvidas.

Localizada no sudoeste do Estado do Pará, a Mina de Carajás, é considerada a maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo, gerida pela empresa Vale S/A com produção de 321,2 milhões de toneladas (Vale, 2023). Além do grande depósito de minério de ferro, o Projeto Grande Carajás também é rico em manganês, cobre, níquel, ouro, bauxita, zinco, prata, cromo, estanho, tungstênio e urânio. E apesar disso, somente cerca de 3% da área total é explorada atualmente (Benatti, 1997)

Através de um sistema que integra mina, ferrovias, usinas e portos, o minério produzido em Carajás é exportado e após a fase de lavra e processamento, o produto é transportado em vagões através da Estrada de Ferro Carajás, que possui cerca de 890 quilômetros de extensão, até o Terminal Marítimo Ponta da Madeira, em São Luís no Maranhão. Inaugurada em 1985, a Estrada de Ferro Carajás não é apenas extensa, mas também lidera o ranking das ferrovias mais eficientes do Brasil, devido ao constante investimento proporcionado pela mineração (Carneiro, 2019).

A pesquisa analisou a modernização da agricultura dos 33 municípios (sendo 10 no Estado do Pará e 23 do Maranhão) que circundam o território designado Corredor Norte, onde se inserem as operações das minas de Carajás, Estrada e Ferro e Porto, com base nos Censos Agropecuários de 2006 e 2017. A região além da influência da mineração, participa com alta participação do setor agrícola, especialmente para exportação. O período registra um salto do valor de produção da agricultura de R\$ 215,90 milhões, em 2006, para R\$ 784,69 milhões em 2017 (IBGE, 2022). O trabalho tem por objetivo investigar o território pela existência de pequenos produtores que efetuam “agricultura de toco” com baixa produtividade e pouca modernização, até complexos agroindustriais utilizando modernas tecnologias conectadas com o mercado externo (Homma et al., 2022).

Inovação Tecnológica: Interpretações Teóricas

Dentro do campo da economia, o processo de inovação tecnológica é termo debatido a partir das ideias de Schumpeter, caracterizado como parte da evolução econômica natural, de maneira dinâmica, em que empresas e firmas buscam inovações para obter vantagens competitivas e sobressair na concorrência (Schumpeter, 1934; Balsan, 2006). A própria inovação assume diferentes significados com o contexto aplicado, em termo da área produtiva,





constitui-se como novidade de produtos, processos ou serviços, que podem ser novos ou ajustados (Santos et al., 2012).

Paiva (1975) na sua teoria do “mecanismo de autocontrole” defende que a modernização da agricultura depende do desenvolvimento do setor não agrícola e/ou exportação, com taxas capazes de absorver os aumentos de produção e os excedentes de mão de obra decorrentes do processo. Ou seja, de queda dos preços do produto e dos fatores tradicionais, que fazem com que as técnicas modernas vão se tornando menos vantajosas à medida que se difundem. Com isso leva a criação de duas curvas de ofertas de produtos agrícolas, uma utilizando tecnologia tradicional e outra com tecnologias modernas, criando um dualismo tecnológico.

Lavorato e Fernandes (2016) destacam que o avanço tecnológico do solo na região do centro-oeste do Brasil é marcado por assimetrias, assim como todo o restante das regiões brasileiras, contudo, os autores apontam que nos últimos anos, a localização e o bioma do município tornaram-se fatores centrais para indicar o grau de intensidade que a modernização é aplicada.

A pesquisa Lima, Campos e Alves (2022) aplicam o uso da análise fatorial para a construção de um indicador a fim de verificar o padrão de modernização dos municípios do nordeste brasileiro, com uso de 15 variáveis do censo agropecuário de 2017. Os autores perceberam uma ausência de trabalhos que avaliam a modernização em micro e pequenas regiões brasileiras, inferindo que com as assimetrias do uso da tecnologia no campo, o esforço para a aplicação do estudo em regiões menores possui importância na avaliação do padrão do progresso tecnológico dos municípios brasileiros.

O uso da análise fatorial também foi aplicado na região do MATOPIBA, região formada entre quatro estados do Brasil (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), com o objetivo de analisar a situação da modernização agrícola com os dados do censo agropecuário de 2017. A aplicação da metodologia revelou que a modernização agrícola incorpora instrumentos tecnológicos dentro do espaço rural, por exemplo, com maior uso de equipamentos e instrumentos de colheita (Batista et al., 2012). Dentro do estado do Ceará, a criação de um indicador para mensurar a modernização agrícola dentro dos 18 agropólos cearenses ocorreu através do estudo de Ferreira, Barbosa e Sousa (2011), com a aplicação da análise fatorial e regressão múltipla. O estudo identificou que a modernização na região é lida através de três fatores: uso de máquinas e equipamentos, intensidade do uso da terra e nível de emprego. Ademais, identificam-se 11 agropólos com nível de modernização baixo, sete com nível intermediário e nenhum com nível de modernização alto.





A abordagem do tema da modernização no campo internacional também revela a aplicação da estatística multivariada para a criação de um indicador capaz de mensurar o uso tecnológico do campo. Entretanto, o levantamento da bibliografia internacional apresenta uma maior preocupação do papel da agricultura com o desenvolvimento sustentável, com papel da modernização como mecanismo de avanço econômico e social para o alcance das metas da Agenda 2030 e dos seus Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

O estudo de Cao (2022) introduziu um índice de modernização baseado no maior uso e comercialização de produtos agrícolas, através do conhecimento científico e do uso de equipamentos modernos capaz de transformar a agricultura extensiva em agricultura mecanizada, com capacidade de atender maiores mercados, com qualidade e preservação dos recursos. O autor conclui que a modernização está atrelada com a mecanização da produção agrícola, com o uso de adubos, fertilizantes e defensivos, com capacidade de diminuir a poluição ambiental e o desequilíbrio ecológico.

A avaliação da tecnologia empregada do solo chinês é objeto de estudo de Wang e Zhou (2013), com o uso de metodologias de redução de variáveis, a construção de um indicador tornou-se possível para destacar o nível do emprego da modernização nas condições de produção e do papel da ciência em melhorar a qualidade do impacto da produção na China. O resultado da pesquisa mostra que a região central da China apresenta fatores de início do processo de modernização agrícola, ficando atrás de regiões mais industrializadas, como a região leste do território chinês.

Além disso, os mesmos pesquisadores produziram um índice capaz de estimar a modernização agrícola na província de Shandong (leste do território chinês) como maneira de apresentar o padrão de modernização ligado com a alta competitividade e com o tratamento racional dos recursos naturais. A aplicação da abordagem metodológica revela que entre os anos de 2010 e 2019 a modernização está ligada com a aplicação da ciência moderna, com a maior relação com a indústria moderna, capaz de criar um sistema de alto rendimento com baixo consumo do ecossistema.

Região do Estudo

A região do estudo é formada por duas divisões político-administrativa, entre o estado do Pará e do Maranhão, juntando o total de 33 municípios que formam o Sistema Norte da mineradora VALE, conhecido como o complexo mineral de Carajás (Figura 1). Para além da

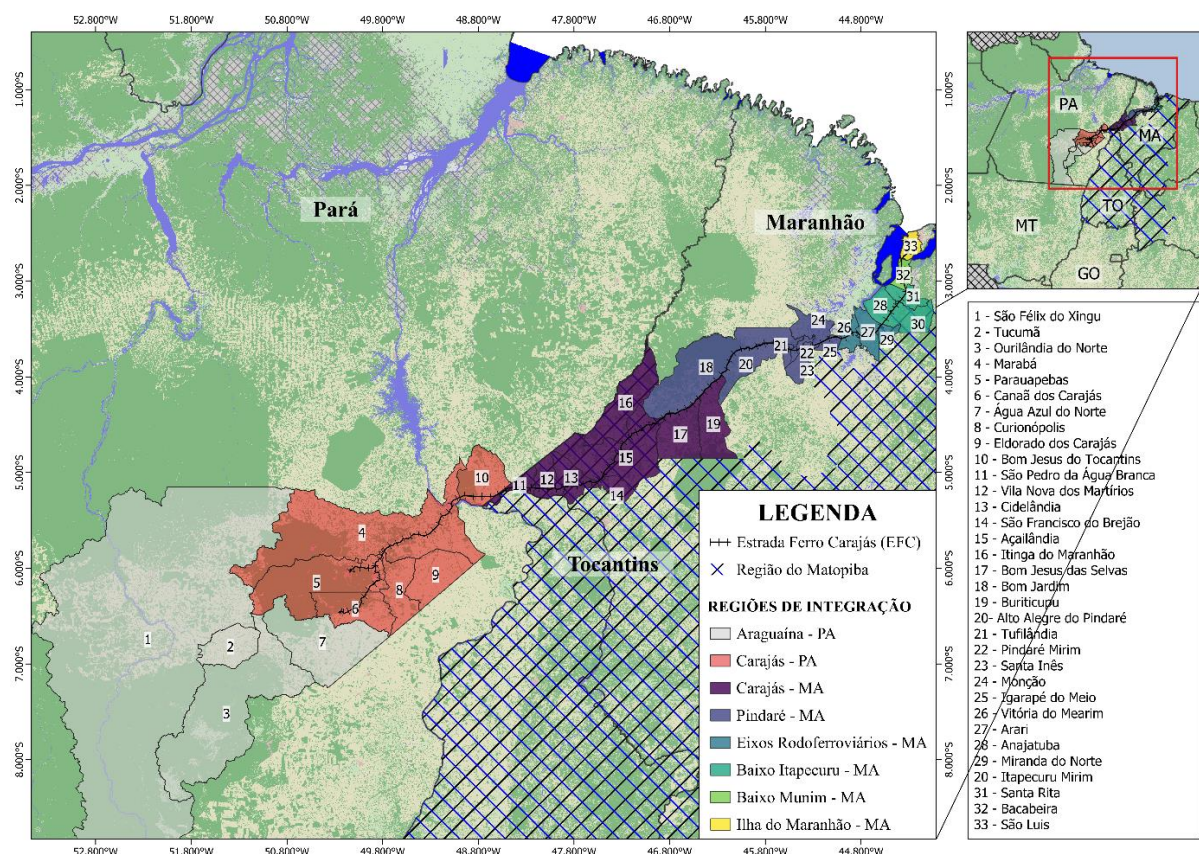




produção do minério, o reflexo dessa atividade também ocorre através da estrada de ferro Carajás e o porto de São Luís. O território é composto por 2,7 milhões de pessoas, sendo o município de São Luís, capital do estado maranhense, com 40% do total da população da região, seguido do município de Marabá e Parauapebas, com 10% e 8%, respectivamente (IBGE, 2021).

Figura 1

Municípios do Sistema Norte



Para o ano de 2019, o PIB da região registrou valor de R\$90,8 bilhões, para o estado do Pará, os municípios paraenses do sistema norte registram PIB de, aproximadamente, R\$ 50 bilhões, com contribuição de 28% para o PIB estadual. Enquanto para os municípios do sistema norte do estado do maranhão, o PIB dos municípios alcançou valor de R\$ 40,8 bilhões, com participação de 41,9% do PIB do estado maranhense. O município de São Luís, capital do estado, apresenta o maior valor, com 35% do PIB de toda a região do sistema, seguido dos municípios paraenses, Parauapebas com 25% e Marabá com 13% (IBGE, 2019).

A maior contribuição dos setores econômicos está alinhada com a participação da mineração da região, a parcela da indústria e de serviços ocorrido nos municípios com a





presença da atividade configuram a dinâmica da produção mineral e influenciam o valor de produção em outros setores. A presença do maior número de minas no território paraense destaca a região com valor significativo do setor da indústria, ao qual contabiliza o valor da produção da extração mineral, sendo 31,35% da participação do setor para a formação do PIB, enquanto a participação do setor para os municípios maranhenses da região contribuiu com 12,09% da formação do PIB do estado.

O setor de serviços apresenta uma relação inversa com o setor industrial, contribuindo menos para o PIB dos municípios paraenses, com uma participação de 25,70%. Em contrapartida, os municípios maranhenses registram uma participação de 31,35% do setor de serviços. Os maiores valores dos setores destacados são acompanhados por indicadores mais baixos nos demais setores. Destaca-se, portanto, a participação do setor agropecuário na região, com o menor valor entre as três dimensões nos municípios paraenses, representando 15,4%.

No ano de 2017, a produção agrícola atingiu um valor de R\$ 784,69 milhões, gerando mais de um milhão de toneladas. Destacam-se, entre os produtos mais lucrativos, a soja, com um montante de R\$ 112,48 milhões, seguida pela cana-de-açúcar e milho (em grãos), que registraram R\$ 53,86 milhões e R\$ 33,12 milhões, respectivamente. A destinação principal dessa produção recai majoritariamente no mercado externo e posteriormente o consumo interno (Simões et al., 2016; Filassi; Oliveira; Makiya, 2022). Em 2022, o setor pesquisado atingiu a maior produção agrícola registrada, alcançando um valor de R\$ 2,66 bilhões.

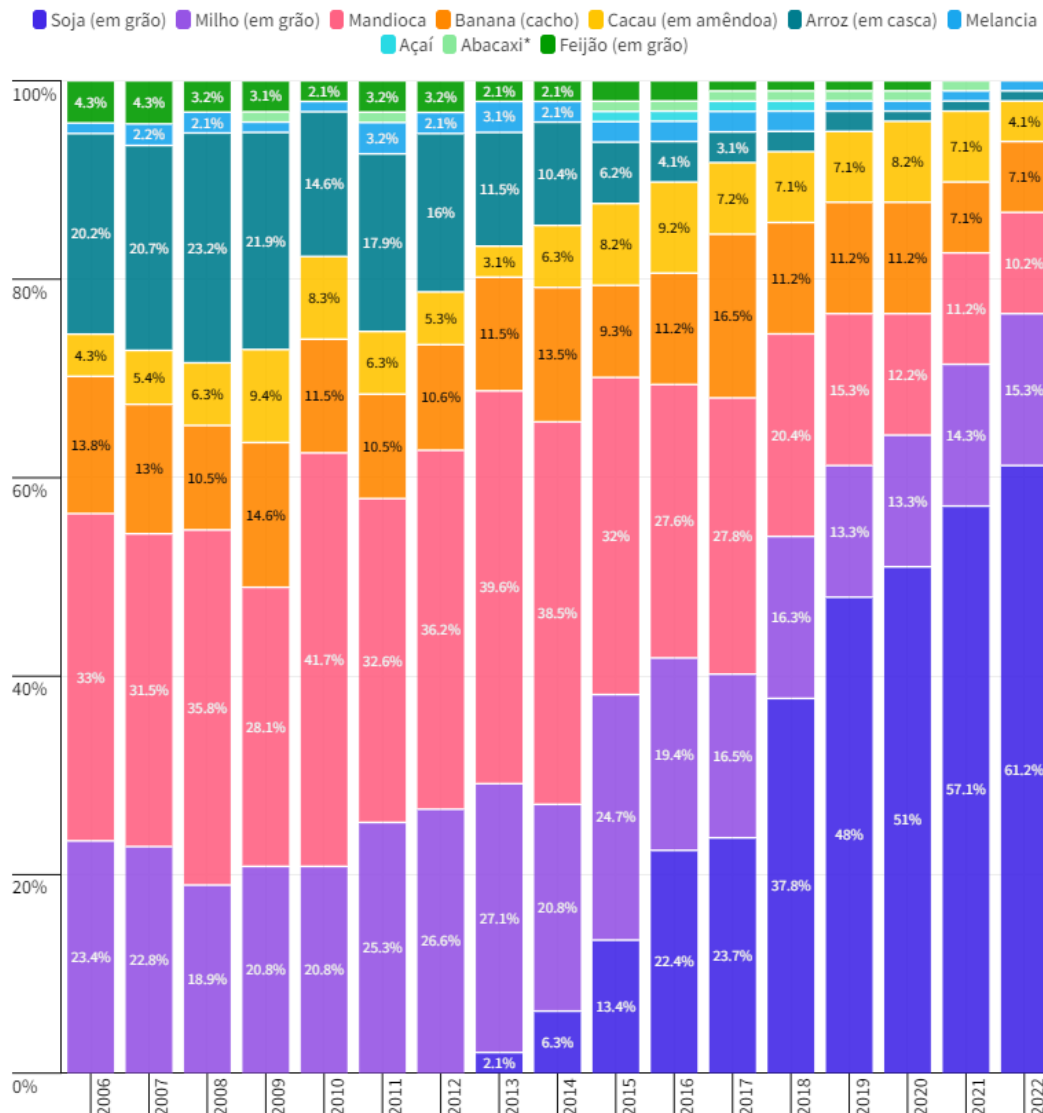
A Figura 2 destaca a proporção dos principais cultivos ao longo das últimas décadas. Em 2022, a soja se destacou, representando 61,2% de todo o cultivo na região de Carajás. A literatura indica que o cultivo da soja na Amazônia brasileira é predominantemente realizado por médios e grandes proprietários, com suporte financeiro de linhas de crédito do agronegócio (D'Atona; Vanwey; Ludewigs, 2011; Barros et al., 2020). Esta produção é direcionada principalmente para o abastecimento do mercado externo e para o setor nacional da pecuária, não sendo comumente associada a pequenos produtores ou agricultores familiares (Silva, 2008; Lopes et al., 2023).





Figura 2

Percentual da produção dos maiores cultivos na região do complexo de Carajás, entre 2006 e 2022.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do IBGE (2022).

Desde 2013, o mercado da soja cresceu exponencialmente, um crescimento bruto de 59,1%, superando as demais culturas. Nesse sentido, é identificado que os produtores da região obtiveram incentivos de caráter econômico para a especialização da produção.

Em contraste com o desempenho da soja, a mandioca e o milho foram as principais culturas que experimentaram declínio na produção ao longo das últimas décadas. Em 2006, a mandioca era a cultura dominante na região, representando 33% dos ganhos financeiros da agricultura. Em 2010, chegou a representar 41,7% do total da produção. No entanto, em 2022, os ganhos provenientes da comercialização da mandioca caíram para 10,2%. O milho também



acompanhou a tendência de queda, dando espaço para a produção da soja na região, em 2006 a produção da cultura registrou 23,4% dos ganhos financeiros dos produtores da região. A cultura obteve o menor percentual em 2019 e 2020, com 13,3% para ambos os anos.

Para complementar a caracterização da região, o setor da pecuária também é analisado a partir dos municípios influenciados pela mineração. A Tabela 1 destaca o município de São Félix do Xingu, reconhecido historicamente pelo elevado número de cabeças de gado, com mais de 30% do total de animais na região. Dos 10 municípios com maior produção de bovinos, nove estão localizados no estado do Pará.

Além de São Félix do Xingu, Marabá e Água Azul do Norte também apresentaram números expressivos em 2022, com percentuais de 16% e 9%, respectivamente. Em 2006, esses dois municípios representavam 21% da produção total da região, mas em 2017 essa proporção caiu para 16%.

Tabela 1

Percentual dos municípios com maior número de gados na região do complexo de Carajás.

Brasil e Município	2006	2017	2020	2021	2022
São Félix do Xingu (PA)	26%	31%	31%	31%	31%
Marabá (PA)	11%	8%	17%	18%	16%
Água Azul do Norte (PA)	10%	8%	9%	9%	9%
Eldorado do Carajás (PA)	4%	5%	5%	5%	5%
Açailândia (MA)	7%	8%	4%	4%	5%
Tucumã (PA)	5%	3%	4%	4%	4%
Curionópolis (PA)	5%	5%	3%	3%	3%
Bom Jesus do Tocantins (PA)	3%	3%	3%	3%	3%
Ourilândia do Norte (PA)	3%	2%	3%	3%	3%
Canaã dos Carajás (PA)	4%	4%	3%	3%	3%

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do IBGE (2022).

O setor da pecuária acumulou crescimento para os anos da pesquisa, em 2006 foram contabilizados 6,03 milhões de cabeça de gado e em 2017 o valor alcançou 7,08 milhões de cabeça (IBGE, 2006; IBGE, 2017). O valor é expressivo quando comparado o número de cabeças pelo tamanho populacional. Para 2006, o tamanho do rebanho foi 1,79 maior que o número de habitantes dos municípios, em 2017 o número recaiu para 1,65. A razão é maior que a média nacional, para os mesmos anos, a razão da média nacional é próxima de 1 (IBGE, 2006; IBGE, 2017).





Metodologia

A seção da metodologia está dividida em duas seções, a primeira apresenta as variáveis utilizadas para mensurar a modernização para 32 municípios do Sistema Norte. A segunda expõe o método da Análise Fatorial e a aplicação do modelo para criação do Índice de Modernização Agrícola (IMA).

No escopo da pesquisa, o município de São Luís foi excluído devido à sua condição como capital do estado do Maranhão. Esta decisão foi tomada considerando que a região apresenta uma variedade de atividades produtivas que vão além da dinâmica investigada pelo presente estudo.

4.1 Base de Dados

O artigo utiliza nove variáveis, da dimensão produtiva agrícola, para a sintetização de um indicador capaz de interpretar a modernização realizada nos municípios influenciados pela mineração, com a intenção de estimar o tipo e o impacto da mudança tecnológica ocorrida entre 2006 e 2017. As informações agrícolas para avaliar o modelo de modernização dos municípios foram obtidas a partir dos respectivos censos agropecuários. A Figura 3 destaca as nove variáveis do modelo para os 32 municípios da região do estudo.

Com a indisponibilidade de dados censitários para pós 2017, a pesquisa não contou com a formação do indicador para períodos posteriores. No entanto, os resultados da pesquisa ressaltam a importância desses dados para compreender um período significativo na formação econômica atual dos municípios amazônicos.

Figura 3

Variáveis do modelo de modernização agrícola dos municípios próximos a Estrada de Ferro Carajás

Variável	Especificação	Nome
1	Proporção de estabelecimentos com tratores	Trat
2	Proporção dos estabelecimentos com uso de calcário/corretivos	Calc
3	Proporção dos estabelecimentos com uso de adubação	Adub
4	Proporção dos estabelecimentos com uso de agrotóxicos	Agrot
5	Proporção dos estabelecimentos com acesso a assistência técnica	Assist
6	Proporção dos estabelecimentos com Pousio ou descanso de solos	Desc
7	Proporção dos estabelecimentos com rotação de culturas	Rotac
8	Proporção de estabelecimentos com acesso a financiamento	Finan
9	Proporção de estabelecimentos com produtor que participam de associações e cooperativas	Assoc





4.2 Modelo Multivariado para a Avaliação do Nível Tecnológico da Agricultura

A aplicação do método dentro do esquema de avaliação da modernização infere em analisar a estrutura das inter-relações das nove variáveis apresentadas no Quadro 1, como maneira de definir em um agrupamento as dimensões mais representantes dos dados, definidos como fatores. Os fatores, neste caso, representam uma contribuição significativa para a formação do indicador, com base na identificação das variáveis agrupadas e de acordo com o grau de importância de cada uma dimensão.

A análise fatorial é um método estatístico multivariado capaz de definir um conjunto de dimensões a partir da formação matricial dos dados originais com o menor número de informações. A abordagem do método ocorre a partir da análise da estrutura das correlações, realizada para a identificação das dimensões que mais se alinham com as variáveis apresentadas (Costa; Souza; Gouvêa, 2006). Os fatores resultantes do modelo são utilizados como métricas de leitura agrupada de informação, o que possibilita ao pesquisador o encontro de observações comuns entre as variáveis, com o objetivo de construir um menor grupo de dados que explica o evento pesquisado, sem sobreposições de variáveis.

O modelo seleciona os fatores com base no maior valor de comunalidade – com o maior valor de variância comum, que estão próximas a 1 – e que, portanto, explicam a dimensionalidade dos dados, com a preservação das correlações envolvidas das variáveis originais. A Tabela 2 define as variáveis utilizadas no modelo de análise fatorial para a criação do Índice de Modernização Agrícola (IMA). Os dados estão relacionados com o modelo de produção dos municípios e foram selecionados a partir da mensuração de dois anos, 2006 e 2017.

Tabela 2

Estatística descritiva das variáveis indicadoras de modernização agrícola dos municípios próximos a Estrada de Ferro Carajás.

Dados	Descrição	Média		Desvio Padrão	
		2006	2017	2006	2017
trat	Proporção de estabelecimentos com tratores	3.67	7.56	2.84	5.23
calcc	Proporção dos estabelecimentos com uso de calcário/corretivos	1.30	3.62	1.30	3.05
adub	Proporção dos estabelecimentos com uso de adubação	3.71	11.09	3.74	9.25
agrot	Proporção dos estabelecimentos com uso de agrotóxicos	12.00	31.80	8.65	15.19
assist	Proporção dos estabelecimentos com acesso a assistência técnica	9.84	9.50	7.70	7.23
desc	Proporção dos estabelecimentos com Pousio ou descanso de solos	4.51	7.53	7.00	8.40





rotac	Proporção dos estabelecimentos com Rotação de culturas	2.92	7.92	5.38	11.20
finan	Proporção dos estabelecimentos com acesso a financiamento	8.96	9.68	3.92	5.41
assoc	Proporção de estabelecimentos com produtor que participam de associações e cooperativas	35.93	16.93	16.77	14.96

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do Censo Agropecuário (2006; 2017).

Resultados e Discussão

A seção dos resultados discorre em duas partes, a primeira apresenta o trabalho descritivo realizado para representar a modernização nos municípios do território, com peso no papel da variação das séries relacionadas com a modernização. A segunda seção demonstra a construção do IMA para os anos de 2006 e 2017, com a caracterização dos fatores mais relevantes para o índice e a espacialização entre os municípios do Sistema Norte.

5.1 Análise Descritiva dos Dados

A primeira variável que o estudo apresenta como destaque ocorre pelo número de equipamentos disponíveis em propriedades agrícolas. A maior disposição de equipamentos e instrumentos no campo são condições fundamentais para a modernização. O escopo está alinhado diretamente com o impacto desejado para a produção rural pela Agenda 2030 e os seus Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) com a promoção da agricultura sustentável, o aumento da renda e o menor desemprego rural (ONU, 2015).

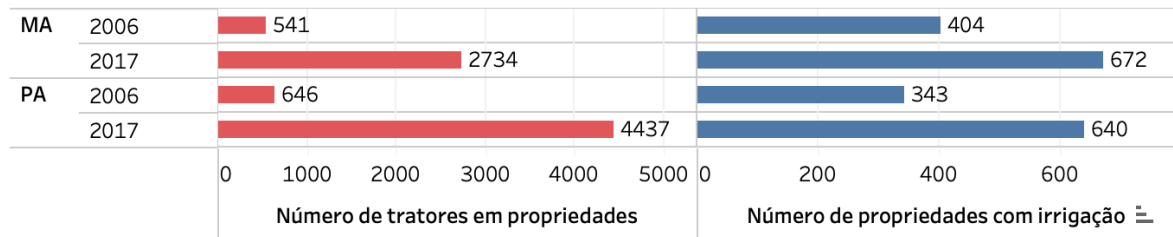
A Figura 4 identifica que para os 32 municípios do território impactado pela mineração, houve um salto entre 2006 e 2017 de 1.187 para 7.171 no número de tratores em propriedades rurais nos municípios. O aumento mais expressivo ocorreu nas localidades paraenses, com aumento de 3.791 tratores, com uma taxa de crescimento de 19% para os anos calculados. Para os municípios maranhenses foram introduzidos 2.193 novos tratores em propriedades, com taxa de crescimento geométrico de 16%.





Figura 4

Número de tratores em propriedades dos municípios do sistema norte entre 2006 e 2017 e o número de propriedades com irrigação dos municípios do sistema norte entre 2006 e 2017



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do Censo Agropecuário (2006; 2017).

O segundo indicador corresponde pela disposição do sistema de irrigação das propriedades agrícolas. Entre os anos de 2006 e 2017, foram identificadas 565 novas propriedades dos municípios com sistema de irrigação. Os municípios do estado do Maranhão apresentaram crescimento de 268 propriedades, com taxa de crescimento geométrico de 5% ao ano. Para os municípios com maior avanço do indicador, dentro do território maranhense, destacam-se Alto Alegre do Maranhão com 167 novas propriedades. Entre os municípios do estado do Pará, o valor de crescimento do indicador ocorreu em 297 novas propriedades, com taxa geométrica positiva de 5%, sendo Canaã dos Carajás e São Félix do Xingu os municípios com maior avanço da extensão do sistema, com 101 e 99 novas propriedades, respectivamente.

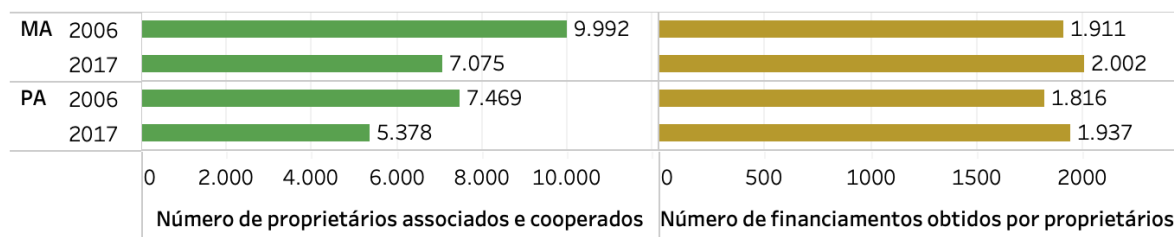
A Figura 5 indica o número de proprietários que estão associados e cooperados em instituições ligados com à entidade de classe, como sindicatos, movimentos de produtores e associação de produtores e moradores. O indicador aponta que houve uma redução de 5.008 proprietários de 2006 para 2017, sendo maior a redução nos municípios do estado do Maranhão, responsável por 58% do decréscimo total do território do sistema norte. A maior redução ocorreu no município de Monção (MA), com a perda de 1.528 proprietários associados e/ou cooperados, o segundo município com maior redução corresponde por São Félix do Xingu (PA) com redução de 1.051 proprietários.





Figura 5

Número de associados e cooperados no setor agropecuário dos municípios do sistema norte entre 2006 e 2017 e o número de financiamentos obtidos por proprietários dos municípios do sistema norte entre 2006 e 2017

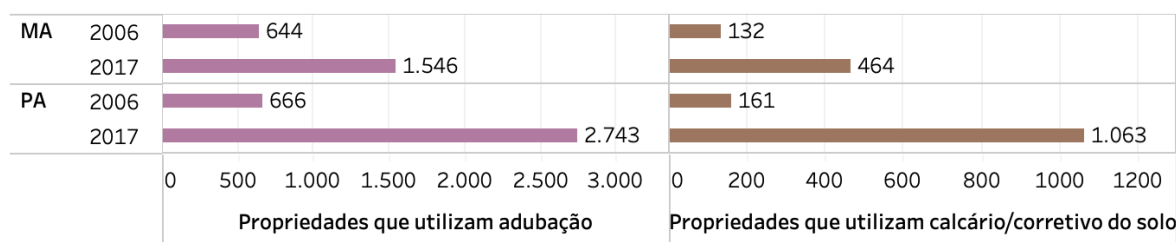


Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos Censo Agropecuário (2006; 2017).

O segundo indicador da Figura 5 apresenta o acesso de financiamentos obtidos pelos proprietários rurais, entre os mesmos anos da pesquisa, 2006 e 2017. O crescimento do indicador não é representado como expressivo, sendo o ano de 2017 com 212 financiamentos a mais que o ano de 2006. Entre os municípios com melhor variação destacam-se Anajatuba (MA) e Vitória do Mearim (MA) com 262 e 163 novos financiamentos, respectivamente. Entretanto, variações negativas do estado maranhense foram apresentadas pelas localidades de Monção e Buriticupu, com redução de 185 e 77 financiamentos entre os municípios pesquisados.

Figura 6

Número de propriedades que utilizam adubação nos municípios do sistema norte entre 2006 e 2017 e o número de propriedades que utilizam calcário ou outro corretivo do solo nos municípios do sistema norte entre 2006 e 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Censo Agropecuário (2006, 2017).

Além disso, a Figura 6 apresenta dois indicadores relacionados com a modernização, o primeiro destaca o aumento significativo do uso do instrumento de adubação em ambos os municípios dos estados do território, com uma diferença positiva de 2.979 propriedades.





Apenas dois municípios tiveram variações negativas, Bom Jardim (MA) e Miranda do Norte (MA) com a redução de 85 e 4 propriedades, respectivamente.

De outra forma, destacam-se os municípios de Marabá (PA) e Tucumã (PA) com os melhores crescimentos da variável, o aumento do indicador alcançou 356 e 348 novas propriedades que utilizaram adubação. O menor crescimento para os municípios paraenses ocorreu em Curionópolis, com 66 novas propriedades. Para os municípios do estado do Maranhão somente Cidelândia obteve crescimento considerados significativos, o município do oeste maranhense apresentou 144 novas propriedades que utilizaram adubação.

O segundo indicador da Figura 6 destaca o número de propriedade que utilizaram corretivos do pH do solo, como o uso do calcário. A Figura 5 destaca o crescimento de 70% do indicador, sendo responsável por 906 novas propriedades com o uso do tratamento. Neste sentido, destacam-se Marabá e Tucumã, ambos no estado do Pará, com 440 novas propriedades que utilizaram o tratamento (sendo 236 e 204, respectivamente).

Ainda que em menor valor de crescimento, os municípios do estado do Maranhão também demonstram destaque, como é o caso de Açailândia, que apresentou o melhor crescimento do indicador. Neste município, observou-se o acréscimo de 106 novas propriedades utilizando tratamento do pH do solo.

As inferências da análise descritiva apontam que para os municípios com maior disposição para introduzir tratores em propriedades rurais também ocorre uma maior aplicação dos instrumentos, como a adubação e o tratamento do pH do solo. Por outro lado, o uso de irrigação foi menos frequente em municípios que registraram crescimento nas outras variáveis. Não foi identificada uma relação direta entre as variáveis que destacam os proprietários, como o número de trabalhadores e a geração de renda no campo. Nos municípios com maior crescimento de empregados no setor, não houve um correspondente aumento no financiamento das atividades do campo e também não houve um aumento significativo no número de proprietários cooperativos ou associados.

5.2 Índice de Modernização Agrícola

A aplicação da metodologia da análise fatorial proporcionou a extração de três fatores com características superiores à uma unidade, sintetizando as informações contidas nas 9 variáveis originais. Estes fatores explicam 71,87% da variância total do modelo (Tabela 3). O teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) apresentou um valor de 0,759, indicando que o método





é adequado à análise dos dados e com relação ao teste de esfericidade de Bartlett, o p-valor foi menor que 0,05, indicando que houve correlação entre as variáveis.

Tabela 3

Cargas fatoriais após rotação ortogonal, respectivas comunalidades e testes de adequação da amostra.

Variáveis	F1	F2	F3	Comunalidade
trat	0,895	0,005	-0,007	0,723
calcc	0,865	0,258	0,022	0,815
adub	0,817	0,218	-0,092	0,659
agrot	0,796	0,157	-0,024	0,802
assist	0,588	-0,117	0,180	0,391
desc	-0,013	0,890	0,141	0,829
rotac	0,244	0,873	-0,083	0,812
finan	0,194	0,154	0,868	0,815
assoc	-0,526	-0,203	0,551	0,622
Variância Explicada (%)	39,67	19,69	12,51	-
Acumulado (%)	39,67	59,36	71,87	-
KMO	0,759	-	-	-
	Aprox. qui-quadrado	-	254,00	-
Teste de esfericidade de Bartlett	df	-	36	-
	p-valor Sig.	-	0	-

A Tabela 3 mostra as cargas fatoriais e as comunalidades para os três fatores considerados. Os valores obtidos para a comunalidade demonstram que, praticamente, todas as variáveis têm sua variabilidade, significativamente, captada e representada pelos três fatores.

A partir do significado de cada fator, podem ser interpretados os escores obtidos na análise fatorial nos dois períodos distintos adquiridos a partir da matriz de cargas fatoriais e da variância explicada. Analisando a Tabela 3, verifica-se que o Fator 1 reflete a maior parcela de variância entre os três fatores obtidos, representando 39,67% e está associado fortemente com os indicadores *trat*, *calcc*, *adub*, *agrot* e *assist*, que representam variáveis indicativas do nível de uso de trator, práticas de usos de adubos, calcários/corretivos e agrotóxicos e estabelecimentos com acesso a assistência técnica. Neste sentido o Fator 1 foi definido como “Assistência técnica e tecnologias químicas e mecânica”.

O Fator 2 está relacionado, positiva e fortemente com os indicadores *desc* e *rotac*, pela proporção de estabelecimentos com sistema de descanso e pela rotação de culturas. Estas variáveis indicam práticas para o melhor uso do solo, devido a isto, o Fator 2 foi definido como “Práticas agrícolas”.

O Fator 3, por sua vez, relaciona-se fortemente com os indicadores *finan* e *assoc*, que estão associados a estabelecimentos com indicação de participação em associações e





cooperativas e financiamento, recebendo, portanto, a designação de “Organização social e crédito”.

A Figura 7 esclarece a especialização em fatores da modernização através das regiões de cada município. Para o território paraense é possível observar uma predominância do aumento do fator 1 (assistência técnica e tecnologias químicas e mecânica) em valor médio, com pouca participação da especialização dos demais fatores no território paraense. Para os municípios do estado do Maranhão, o fator 1 apresentou baixo destaque, exceto para a região de Carajás, o estado apresentou municípios da região do Pindaré, Eixo rododiferroviários e Baixo Itapecuru positivamente especializados no fator 2 (boas práticas agrícolas) e no fator 3 (organização social e crédito).

Figura 7

Variação dos fatores e do IMA para os municípios próximos a EFC entre os anos de 2006 e 2017.



Além disso, a Figura 7 também aponta a variação do IMA entre os anos da pesquisa. A maior variação do indicador é observada pelos municípios da região de Carajás no Pará,



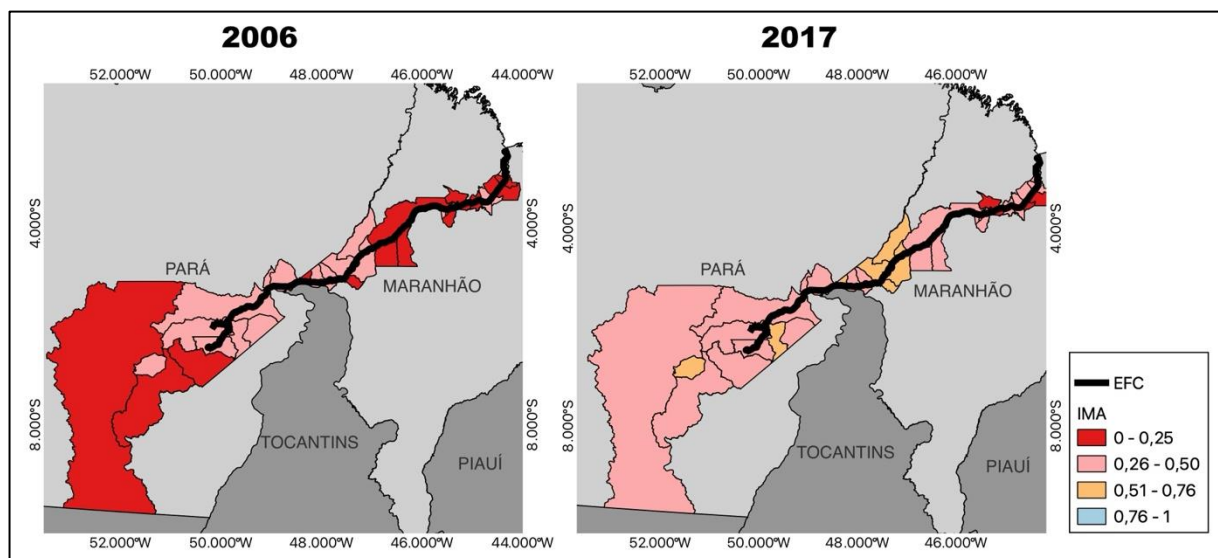
seguido dos municípios da região de Carajás e do Pindaré, no Maranhão. O encontro dos municípios com maior variação do IMA no estado do Pará ocorre em localidades com maior variação no fator 1, assim, destacam-se Curionópolis (0,272), Tucumã (0,234), Água Azul do Norte (0,164), São Félix do Xingu (0,143) como municípios com maior variação entre todos do território paraense, com valores de variação do fator 1 de 0,521; 0,487; 0,282 e 0,304, respectivamente. Entre os municípios destacados, somente o município de Curionópolis não pertence a região de Araguaína, mas sim da região de Carajás no Pará, os demais estão presentes na região mais distante da fronteira com o estado do Maranhão.

Entre os municípios com maior variação do IMA para o estado do Maranhão, São Pedro da Água Branca (Carajás – MA) com variação de 0,432, seguido do município de Anajatuba (Baixo Itapecuru) com variação de 0,203 foram os municípios com destaque para o aumento do IMA a partir dos fatores 2 e 3. O município da região de Carajás apresentou variação 0,815 do fator 2 enquanto o município da região do Baixo Itapecuru registrou variação de 0,776. Os municípios de Açailândia (Carajás - MA), Pindaré-Mirim (Pindaré) e Vitória do Mearim (Eixos Rodoferroviários) apresentam destaque para o crescimento do IMA a partir do fator 1, os valores do indicador são 0,276; 0,235 e 0,197, respectivamente, através da variação de 0,426; 0,265 e 0,168 do primeiro fator.

A Figura 8 ilustra a distribuição espacial do IMA para os municípios que constituem o complexo minerário do corredor norte.

Figura 8

Distribuição espacial e variação do IMA nos anos de 2006 e 2017





A pesquisa buscou demonstrar os valores do IMA para os dois anos calculado da pesquisa (2006 e 2017). Entre as médias calculadas para o período, os municípios do Pará obtiveram crescimento médio de 0,11 no valor do IMA, para os municípios do Maranhão o valor foi de 0,13. As localidades paraenses apresentam maior média, o valor médio do IMA em 2017 registrou valor de 0,401 enquanto no Maranhão a média corresponde por 0,356.

As áreas destacadas no segundo mapa em amarelo destacam os municípios com o maior quadro de modernização, São Pedro da Água Branca, Açailândia, Tucumã, Itinga do Maranhão e São Francisco do Brejão apresentaram valor de modernização de 0,630; 0,604; 0,594; 0,543 e 0,532, respectivamente. Enquanto municípios Alto Alegre do Pindaré, Igarapé do Meio, Monção, Itapecuru Mirim e Miranda do Norte foram os municípios com menor valor de modernização até o final da pesquisa, com 0,229; 0,201; 0,191; 0,175 e 0,172, respectivamente.

Neste sentido, os municípios do Pará demonstraram maior valor de modernização médio a partir da especializado no fator 1, especialmente para municípios mais ao interior do estado. Em todos os municípios paraenses foram observadas reduções do terceiro fator, os municípios de Canãa dos Carajás, Marabá, Eldorado dos Carajás e Parauapebas apresentaram as reduções mais expressivas, com -0,522; -0,509; -0,787 e -0,455, respectivamente.

Para os municípios do território do Maranhão, aqueles que se encontram mais próximos da fronteira com o território do Pará apresentaram a mesma tendência de comportamento, com valorização das atividades do primeiro fator e detrimento do terceiro, exceto pelo município de São Pedro da Água Branca (especializado no fator 2). O aumento da modernização foi verificado em todos os municípios da região de Carajás no Maranhão. Para o município de São Francisco do Brejão o aumento da modernização não ocorreu de forma significativa (avanço de 0,33 no IMA), apesar do avanço ocorrido na especialização do primeiro fator (variação de 0,479).

Para os demais municípios do Maranhão foram observadas maior diferença no comportamento da modernização, Alto Alegre do Pindaré, Bom Jardim e Igarapé do Meio apresentaram valores expressivos de variação no fator 1 e 3, com variações positivas do IMA (0,045; 0,201 e 0,109, respectivamente). Os municípios de Pindaré-Mirim e Vitória do Mearim apresentaram comportamento de especialização a partir do terceiro fator. Para os demais municípios da localidade não foram observados crescimentos expressivos do IMA.

Os municípios que mais se destacam em 2006 são Bacabeira (MA), Monção (MA) e Eldorado dos Carajás (PA), já no período de 2017 sobressaem as localidades de Curionópolis (PA), São Pedro da Água Branca (MA) e Vitória do Mearim (MA), que representam os





maiores valores para F1, F2, F3, respectivamente, estes últimos apresentaram o valor máximo de especialização de cada fator (1).

Esses resultados mostram uma diferença da espacialização da modernização no território do Sistema Norte. A região que pertence o município de Curionópolis, no Pará destaca o emprego da espacialização a partir do primeiro fator, com a maior intensidade no uso de assistência técnica e tecnologias químicas e mecânica. A região do município de São Pedro da Água Branca corresponde pela região de Carajás no Maranhão, que apesar da especialização no segundo fator, de boas práticas agrícolas, rotação de culturas e do descanso do solo, a região está fortemente influenciada pela especialização da modernização a partir do primeiro fator.

Dentre os conceitos explorados a partir da definição de inovação tecnológica, o estudo constatou que a modernização agrícola se aproxima do conceito proposto por Paiva (1975), o qual destaca a heterogeneidade de áreas próximas, com dois tipos de modernização. Esse conceito revela uma maior especialização em regiões onde a modernização agrícola avançou significativamente em comparação com outras. O estudo seguiu a metodologia aplicada por outros trabalhos, como o caso de Ferreira, Barbosa e Sousa (2011), Batista et al. (2022) e Lima, Campo e Alves (2022). Utilizou-se a análise fatorial em municípios brasileiros, com o emprego de dados secundários provenientes de fontes oficiais. Os resultados do presente artigo acompanharam a identificação das assimetrias e no progresso tecnológico na agricultura dos municípios brasileiros.

O estudo contribui com o enfoque do tema tanto no âmbito internacional quanto nacional ao abordar a mensuração do uso tecnológico no campo, especialmente à luz da Agenda 2030 e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Assim como os trabalhos de Wang e Zhou (2013) e Cao (2022), este estudo acompanhou os resultados elaborados a partir da construção de um indicador que destaca o emprego de insumos, o nível de assistência e financiamento no campo agrícola. Os resultados obtidos evidenciam as diferentes qualidades da produção, destacando as disparidades na competitividade e na especialização da modernização ocorrida nos municípios entre os anos de 2006 e 2017.

Por fim, ao identificar a variação do IMA com seus respectivos valores de crescimento do PIB e a geração de empregos vinculados com a produção de lavouras temporárias, lavouras permanentes, horticultura e floricultura e produção florestal, a pesquisa não identificou impacto da modernização no crescimento econômico e na geração de renda. Com isso, a comparação das séries corrobora com estudos levantados que retratam a modernização agrícola com caráter desvinculado da empregabilidade rural. Entre os 15 municípios com





maior variação do IMA, somente três municípios apresentaram valores expressivos de empregabilidade (Bom Jesus das Selvas, Bom Jardim, Itapecuru Mirim). Quando comparado com o crescimento econômico do município, os valores identificados pelo crescimento expressivo do PIB somente acompanharam crescimento do IMA em dois municípios (Canaã dos Carajás e São Félix do Xingu).

Conclusão

O presente trabalho se propôs a investigar os aspectos relevantes da modernização da agricultura em nível municipal, abrangendo o território da mineração em torno da EFC, o que permitiu a comparação entre os municípios sob influência da economia da mineração com base em indicadores apontados pela literatura empírica como determinantes do grau de modernização.

A análise indicou que a grande maioria dos municípios apresentou aumento do grau de modernização da agricultura (24 dos 32 municípios apresentaram variações positivas do IMA), com um avanço da média de 0,25, em 2006, para 0,37, em 2017. Entretanto, observa-se que as variações ocorreram em magnitudes diferentes. Em regiões de Araguaína e de Carajás, no Pará, o crescimento da modernização ocorreu através do fortalecimento das práticas de assistência técnica e o uso de tecnologias químicas e mecânicas. Entre os mesmos municípios, sete entre dez apresentaram crescimento da modernização agrícola.

Em municípios do território maranhense, a pesquisa apontou uma maior diversidade na modernização. Localidades próximas da fronteira com o estado do Pará apresentaram comportamento similar para a modernização, com exceção do município de São Pedro da Água Branca, que apresentou modernização a partir do emprego de boas práticas agrícolas, medido pelo melhor tratamento de descanso e rotação de culturas do solo. De outra forma, os 13 municípios da região do Pindaré, Eixos rodoferroviários e Baixo Itapecuru exibiram comportamento dessemelhante, a modernização somente ocorreu para aqueles especializados em mecanismos de crédito e organização social dos produtores (nove municípios), diferente das demais regiões do Sistema Norte.

Neste sentido, a pesquisa identificou heterogeneidade da modernização rural nos municípios influenciados pela mineração. O trabalho, portanto, reafirma que a modernização rural ocorre a partir de influências distintas, com papel diversificado e entendido através da literatura acadêmica. Com o interesse de ampliar os níveis de modernização e torná-los mais homogêneos, as políticas orientadas para os municípios da região devem considerar as





especificidades produtivas e geográficas. Para localidades com alto nível de acesso ao crédito rural, os incentivos vinculados com a política agrícola não podem ser os mesmos destinados para localidades com uso intenso de equipamentos e tecnologias do solo.

Observando a variação da modernização nos municípios analisados, pondera-se que há uma maior disposição em municípios a partir da maior aplicação do número de tratores, do tratamento do solo e do número de financiamentos. Por sua vez, incrementos significativos na produção correlacionados a agroindústria, a empregabilidade e a renda do município, não se mostraram relevantes para o incremento da modernização. No entanto, considera-se que existem lacunas que devem ser superadas para alavancar a modernização na região por meio da geração de emprego e renda.

Na região, é possível identificar um cenário de dualismo tecnológico, com diferentes níveis de adoção de tecnologia entre os municípios influenciados pela mineração. Observa-se a coexistência de práticas modernas e mecanizadas, ao lado de métodos tradicionais e menos tecnológicos. Essa disparidade pode levar a diferenças significativas de produtividade e eficiência entre as propriedades. É evidente que a presença de grandes operações de extração mineral nos municípios paraenses influenciou a modernização da agricultura de maneiras diversas em comparação com áreas mais distantes dessas atividades.

Este dualismo tecnológico pode ter impactos importantes no desenvolvimento econômico e social da região. Pode contribuir para desigualdades na produtividade, na distribuição de renda e na capacidade de competir no mercado global. Frequentemente, são necessárias políticas e intervenções para mitigar essa dualidade e facilitar a transição para tecnologias mais avançadas em todos os setores.

Por fim, reitera-se que, apesar do avanço da modernização, este é considerado baixo, indicando oportunidades de melhorias com vistas a alcançar maiores patamares de desenvolvimento econômico e social nos municípios do complexo minerário. Espera-se que os dados possam orientar novas pesquisas sobre o tema na região, com o intuito de investigar os municípios onde a mineração exerce uma forte influência sobre outros setores e o desenvolvimento municipal. Essas pesquisas podem fornecer insights valiosos sobre a interação entre a atividade mineradora e o desenvolvimento econômico local, contribuindo assim para uma compreensão mais abrangente dos impactos da mineração nas diferentes regiões estudadas.





Referências

- BALSAN, R. Impactos Decorrentes da Modernização da Agricultura Brasileira. **Revista Campo Território**, v. 1, n. 2, p. 123-151, 2006.
- BARROS, M. J. B. et al. Fronteira agrícola e conflitos territoriais nas Amazônias Brasileiras: a expansão do agronegócio da soja e seus efeitos no planalto de Santarém, Pará-Amazônia-Brasil. **Ciência Geográfica**, 2020.
- BATISTA, M. L. B. et al. Análise fatorial e espacial da modernização agrícola no MATOPIBA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, 2022.
- BENATTI, J. H. Carajás: desenvolvimento ou destruição. **COELHO, M. CN e COTA, RG (eds.). Dez anos da Estrada de Ferro Carajás. Belém, UFPA/Naea, 1997.**
- CAMPOS, S. A. C.; PEREIRA, M. W. G.; TEIXEIRA, E. C. Trajetória de modernização da agropecuária mineira no período de 1996 a 2006. **Economia Aplicada**, v. 18, n. 4, p. 717-739, 2014.
- CAO, C. The Index Data System of Agricultural Modernization Development Based on Internet Big Data. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2022, 2022.
- CARNEIRO, M. S. Mineração, siderurgia e desenvolvimento na Amazônia Oriental: um balanço da experiência do programa grande Carajás. **Congilio CR, Bezerra R. & F. Michelotti (eds), Mineração, trabalho e conflitos amazônicos no sudeste do Pará, Marabá**, p. 98-112, 2019.
- CORRÊA, A. M. C. J.; FIGUEIREDO, N. M. S. Modernização da agricultura brasileira no início dos anos 2000: uma aplicação de análise fatorial. **Revista GEPEC**, v. 10, n. 2, p. 82-99, 2006.
- COSTA, G. G O.; SOUZA, R. C.; GOUVÊA, V. H. C. **Um procedimento inferencial para análise fatorial utilizando as técnicas Bootstrap e Jackknife**: construção de intervalos de confiança e testes de hipóteses. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica, Departamento de Engenharia Elétrica, 2006.
- D'ANTONA, A.; VANWEY, L.; LUDEWIGS, T. Polarização da estrutura fundiária e mudanças no uso e na cobertura da terra na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 41, p. 223-232, 2011.
- FERREIRA, P. A. B.; BARBOSA, D. A.; SOUSA, E. P. S. Índice de modernização agrícola nos agropólos cearenses. **Revista Ciências Administrativas**, v. 17, n. 2, 2011.
- FILASSI, M.; OLIVEIRA, A. L. R.; MAKIYA, I. K. Logística de exportação da soja brasileira: uma avaliação do corredor intermodal Centro-Norte. **Espacios**, v. 38, n. 7, p. 20-28, 2017.
- HOFFMANN, R.; KAGEYAMA, A. Modernização da agricultura e distribuição de renda no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 15, n. 1, p. 171-208, 1985.
- HOFFMANN, R.; KASSOUF, A. L. **Produção e modernização da agropecuária em 332 microrregiões homogêneas do Brasil – 1980**. Piracicaba: ESALQ, 1989.
- HOMMA, A. K. O. et al. Sinergias de mudança da agricultura amazônica: conflitos e oportunidades. 2022.





- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática** – SIDRA. Tabela 6778 – Número de estabelecimentos agropecuários, por tipologia, existência de energia elétrica, condição do produtor em relação às terras, residência da pessoa que dirige o estabelecimento, grupos de atividade econômica e grupos de área total. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6778>>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- IBGE. **Censo Agropecuário**, 2006. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2006/segunda-apuração>>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- IBGE. **Censo Agropecuário**, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2017>>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática** – SIDRA. Tabela 5938 - Produto interno bruto a preços correntes, impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes e valor adicionado bruto a preços correntes total e por atividade econômica, e respectivas participações - Referência 2010. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática** – SIDRA. Tabela 6579 – População residente estimada. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- LAVORATO, M. P.; FERNANDES, E. A. Índice de modernização agrícola dos municípios da Região Centro-Oeste do Brasil. **REOESTE-Revista de Economia do Centro-Oeste**, v. 2, n. 2, p. 2-18, 2016.
- LAZARETTI, L. R. et al. Modernização e desenvolvimento rural nos municípios gaúchos. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 22, 2019.
- LIMA, G. C. de; CAMPOS, K. C.; ALVES, A. G. M. Índice de Modernização Agrícola na região Nordeste. **Interações (Campo Grande)**, v. 23, p. 347-362, 2022.
- LOPES, C. H. S. et al. Territorialização da atividade pecuária no sudeste paraense (Amazônia brasileira). **Universidade e Meio ambiente**, v. 8, n. 1, p. 33-52, 2023.
- ONU. Os objetivos do Desenvolvimento Sustentável, 2015. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br>>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- PAIVA, R. M. Os baixos níveis de renda e de salários na agricultura brasileira. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 6, n. 4, p. 557-590, 1975.
- REBELLO, F. K.; SANTOS, M. A. S.; HOMMA, A. K. O. Modernização da agricultura nos municípios do Nordeste Paraense: determinantes e hierarquização no ano de 2006. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 9, n. 822-2016-54238, p. 209-232, 2011.
- RODRIGUES, A. C.; MOREIRA, M. A.; COLARES, A. C. V. Avaliação da eficiência da aplicação dos royalties da mineração no desenvolvimento social dos municípios mineiros. **Revista Ambiente Contábil** - Universidade Federal do Rio Grande do Norte-ISSN 2176-9036, v. 8, n. 2, p. 173-189, 2016.
- SANTOS, J. A. M. et al. O processo de inovação tecnológica na Embrapa e na Embrapa Agrobiologia: desafios e perspectivas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, p. 175-194, 2012.





- SCHUMPETER, J. **The Theory of Economic Development**. Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 1934.
- SILVA, C. A. F. Corporação e agronegócio da soja na Amazônia. **Acta Geográfica**, v. 2, n. 3, p. 29-40, 2008.
- SILVA, J. M. P. et al. Conflitos pelo Uso do Território Nn Amazônia Mineral. **Mercator**, v. 16, 2017.
- SIMÕES, J. E. M. et al. Relação de produção da soja no estado do Pará. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 54., 2016, Maceió**. 2016.
- SOUZA, R. F.; KHAM, A. S. Modernização da agricultura e hierarquização dos municípios maranhenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 39 n. 1, p. 75 - 98, 2001.
- TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas**. ISSN 1808-2653, p. 21-42, 2005.
- TIYO, C. E.; ORACH-MEZA, F. L.; EDROMA, E. L. Understanding Small-Scale Farmers' Perception and Adaption Strategies to Climate Change Impacts: Evidence from Two Agro-Ecological Zones Bordering National Parks of Uganda. **Journal of Agricultural Science**, v. 7, n. 10, p. 253, 2015.
- USDA. United States Department of Agriculture. **Index Mundi**. 2022. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/agriculture/>.
- VALE. Mineração. 2023. Disponível em: <https://vale.com/pt/mineracao>.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. **O Desenvolvimento da agricultura do Brasil e o papel da Embrapa**. 2022.
- VILLELA, P. M. **Impactos ambientais da modernização agropecuária em Goiás**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6592>>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- WANG, Y.; ZHOU; Q. Evaluation of development of agricultural modernization in central China. **IERI Procedia**, v. 4, p. 417-424, 2013.

Received: 03.29.2024

Accepted: 04.19.2024

