

# Modernização agrícola na Amazônia brasileira

## *Agricultural modernization in the Brazilian Amazon*

Mário Sérgio Pedroza Lobão<sup>1</sup> , Jefferson Andronio Ramundo Staduto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Acre, Rio Branco (AC), Brasil. E-mail: mario.lobao@ifac.edu.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Toledo (PR), Brasil. E-mail: jstaduto@yahoo.com.br

**Como citar:** Lobão, M. S. P., & Staduto, J. A. R. (2020). Modernização agrícola na Amazônia brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58(2), e188276. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.182276>

**Resumo:** O objetivo da pesquisa é analisar o nível de modernização agrícola dos municípios da Amazônia do Brasil. Foi utilizada a técnica de análise fatorial e a produção do Índice de Modernização Agrícola (IMA), a partir de 18 indicadores provenientes do Censo Agropecuário de 2006. Como resultados principais, obteve a extração de 5 fatores latentes, representando mais de 74% da variância total acumulada. Os indicadores que mais se destacaram foram as despesas agrícolas, o uso da terra e o trabalho intensivo. O IMA revelou claramente que existe um padrão heterogêneo e dual de modernização agrícola na Amazônia brasileira, em que nos lados oeste e norte da região (Amazônia Ocidental) encontram-se os municípios com piores indicadores de modernização agrícola e nos lados sul e leste (Amazônia Oriental) estão aqueles com os melhores resultados, exatamente por onde avança a fronteira agrícola de produção. Os estados com melhores IMA foram Rondônia, Tocantins e o sul e leste do Pará. Já Acre, Amazonas, Amapá e Roraima apresentaram baixos níveis de modernização agrícola, especialmente o estado do Amapá, que teve todos os seus municípios entre os estágios baixo e muito baixo IMA.

**Palavras-chave:** modernização agrícola, análise fatorial, Amazônia brasileira, Região Norte do Brasil.

**Abstract:** The objective of the research is to analyze the level of agricultural modernization of the municipalities of the Amazon of Brazil. It was used the technique of factorial analysis and the production of the Agricultural Modernization Index (AMI), based on 18 indicators from the Agricultural Census of 2006. As main results it was obtained the extraction of 5 latent factors, representing more than 74% of the cumulative total variance. The most important indicators were agricultural expenditure, land use and labor intensive. The AMI revealed clearly the existence of a heterogeneous and dual pattern of agricultural modernization in the Brazilian Amazon, on the West and North side in the region (Western Amazon) in which the municipalities with the worst indicators of agricultural modernization and on the South and East side (Eastern Amazon) there are those with the best results. The states with the best AMI were Rondônia, Tocantins and the South and East of Pará. Acre, Amazonas, Amapá and Roraima had low levels of agricultural modernization, especially the state of Amapá, which had all its municipalities between the stages low and very low of AMI.

**Keywords:** agricultural modernization, factor analysis, Brazilian Amazon, Northern Region of Brazil.

## 1. INTRODUÇÃO

A discussão do padrão agrícola tem sofrido mudanças ao longo dos anos. Foram várias transformações ocorridas no processo de produção agropecuária com o avanço da modernização do campo, por meio do fenômeno da industrialização da agricultura e as inovações tecnológicas incorporadas aos fatores de produção, especialmente após a Revolução Verde na década de 60, lançado um novo padrão de produção. Assim, a exigência pelo aumento da produtividade, segundo os novos ditames do movimento capitalista recente, marca o novo padrão agrícola mundial e nacional, em que a produção em larga escala, o rendimento do trabalho, máquinas, equipamentos e a terra devem ser o máximo. Sem contar que a produção se tornou flexível, entre outras características que tornaram a produção



agrícola com novos formatos, antes inimagináveis (Kageyama, 1997; Evenson & Gollin, 2003; Albergoni & Pelaez, 2007).

Esse processo perdurou como paradigma produtivista, o qual visava o aumento dos fatores de produção, e, no Brasil, esse modelo foi funcional. Outros aspectos da produção agropecuária relacionados ao uso do espaço rural, principalmente, os impactos ambientais sobre os diversos biomas e, também, sobre a população rural, não participava no primeiro plano dos debates e políticas setoriais. O debate sobre as externalidades negativas do modelo produtivista entra na agenda dos agentes públicos, pesquisadores e sociedade, bem como agentes privados, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - Rio 92, o que acelerou a prospecção e desenvolvimento de novos modelos de produção nos vários ambientes e biomas brasileiros (Veiga, 2005). No entanto, não significou que nas décadas seguintes o paradigma da Revolução Verde não continuasse a avançar no tempo e no espaço, mais recentemente por meio do deslocamento da fronteira agrícola, até que alcançasse quase a totalidade do bioma do Cerrado e, atualmente, está no entorno do bioma Amazônia.

Conforme Carvalho (2008), a partir da década de 90, o foco da ocupação na fronteira agrícola amazônica começa a se projetar para o exterior, em que a produção de carnes e grãos visa inserir-se no contexto do mercado mundial. Assim, intensifica-se o modelo produtivista na região, apesar das preocupações com os princípios do desenvolvimento sustentável. Essas transformações, tanto estruturais como conjunturais, trouxeram novas conformações ao ambiente rural, bem como mudaram as relações de trabalho, de vida e a paisagem. É nesse contexto que se busca analisar a modernização agrícola na Amazônia brasileira, especialmente, na expectativa de poder traçar o grau de modernização que a produção agropecuária vem apresentando na última década, uma vez que os estudos nesta área sempre abordam este fenômeno numa escala nacional.

A Região Norte comporta a quase totalidade do bioma Amazônia e é a maior macrorregião em extensão territorial (Brasil, 2005). Trata-se de um território ainda pouco desvendado e que possui características distintas do restante do Brasil e, ainda, tem como característica, ao contrário das demais regiões, a presença de grandes “vazios” populacionais e de atividade econômica, dominado por grandes extensões de florestas e matas nativas (Gutberlet, 2002), o que lhe fornece peculiaridades ao restante do país, pois qualquer ação do homem impacta no ambiente e, logicamente, lhe resulta em diversidade do padrão de modernização agrícola.

Esse território ainda está em um forte processo de expansão ocupacional e produtiva, como é o caso do avanço da fronteira agrícola de produção (Becker, 2007), que já superou os limites do Centro-Oeste brasileiro rumo ao Norte, principalmente nos estados de Rondônia, Tocantins e sul do Pará. Cabe destacar que a modernização no campo na Amazônia tem se tornado um dilema, uma vez que o padrão produtivista incorporado com a fronteira agrícola se confronta com os fundamentos do desenvolvimento sustentável, indiscutivelmente, os quais são de forma operacional questionados por órgãos e instituições de âmbito nacional e internacional, como é o caso do aumento do desmatamento na região Amazônica.

Diante disto é que se busca traduzir em dados e informações o nível de modernização agrícola da região da Amazônia brasileira, utilizando-se de um rol de indicadores provenientes do Censo Agropecuário de 2006 e tratados por meio do método de análise fatorial. Ademais, avança-se no artigo com a produção do Índice de Modernização Agrícola (IMA), o qual permite analisar, em âmbito municipal, o comportamento assumido pela modernização agropecuária na região, inclusive espacialmente.

## **2. O PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA E SEUS EFEITOS NO MEIO RURAL**

A modernização agrícola, conforme Paiva (1971, p. 178), “[...] é o processo de melhoria da agricultura pela adoção de técnicas modernas [...]”. Obviamente que esta definição se trata de uma singularidade que representa a modernização da agricultura, pois se entende que esse conceito é mais abrangente, principalmente quando se busca trabalhar com aspectos de origem mais restritas, como unidades de produção individual ou mesmo de um pequeno grupo de agricultores oriundos de determinada região ou país.

Há que se ressaltar que com a industrialização da agricultura, o processo de modernização tornou-se irreversível. Fato é que o próprio fim do processo de modernização da agricultura culmina na sua industrialização, essa característica “[...] representa a subordinação da Natureza ao capital que, gradativamente, liberta o processo de produção agropecuária das condições naturais dadas, passando a fabricá-los sempre que se fizerem necessárias” (Kageyama, 1997, p. 114).

Conceição & Conceição (2004) ressaltam que a teoria da modernização permite compreender que é possível transformar uma economia agrícola tradicional em uma avançada e dinâmica, capaz de alavancar o desenvolvimento econômico, principalmente por meio do aprimoramento da tecnologia. Aspectos como o uso de insumos de produção modernos e o melhoramento da base educacional possibilitam as transformações tecnológicas dentro do setor agrícola, o que favorece a elevação da produtividade dos fatores de produção e o crescimento das taxas de retornos dos empreendimentos agropecuários, objetivo final do desenvolvimento agrícola.

Kugizaki (1983) esclarece que, em economias capitalistas, o processo de modernização é algo quase que natural, pois os agentes econômicos que atuam neste sistema sempre estão motivados a buscar novas tecnologias, tanto para aumento do seu lucro como para não ficar atrás de seus concorrentes. Com isso, todas as empresas se veem obrigadas a renovar suas tecnologias e aumentar sua produção, a partir do reinvestimento de parte do seu lucro no processo produtivo. No entanto, o autor explica que o aumento do emprego dos fatores de produção não ocorre de maneira uniforme, uma vez que o fator trabalho tende a receber um incremento relativamente menor que os demais, o que diminui a demanda por este fator e, conseqüentemente, amplia-se o contingente de pessoas desempregadas ou subempregadas, isto tanto para o setor agrícola como o não agrícola.

Hayami & Ruttan (1971)<sup>1</sup> desenvolveram o modelo da modernização induzida, mostrando que os preços relativos dos fatores de produção direcionam o tipo de inovação que será aplicado na produção, o que leva à adoção de tecnologias diferentes entre países. Schuh (1973) mostra que o modelo de Hayami e Ruttan toma como base duas categorias dentro dos processos de mudanças tecnológicas, aquela ligada aos processos mecânicos e a outra com aspectos biológicos e químicos. Os fatores mecânicos, como o aumento da mecanização agrícola, favorecem para o aumento da produtividade em substituição da mão de obra. Já os fatores químicos e biológicos, como os fertilizantes, por exemplo, tratam de melhorar a produtividade da terra.

Sintetizando o que significam as transformações das bases técnicas na produção agropecuária e o que tem possibilitado a modernização agrícola no campo, Conceição & Conceição (2004, p. 2) vão dizer que

[...] envolve a substituição da agricultura natural por atividades agrícolas cada vez mais integradas à indústria, com a intensificação da divisão social do trabalho e das trocas inter-setoriais, e avanços tecnológicos que permitem aumentos consideráveis da produtividade global do setor [...].

Nesse sentido, chamam a atenção para a dificuldade do entendimento do conceito de modernização decorrente do seu caráter complexo e multidimensional.

A modernização da agricultura vem apresentando resultados diversos dentro da economia agrícola nacional, haja vista que, por vezes, proporcionou uma base de produção familiar tecnificada e moderna e, por outras vezes, estimulou a produção de empresas capitalistas de grande porte, bem como a promoção dos assalariados rurais, ocasionando transformações nos setores comerciais de insumos e do trabalhador rural. De todo modo, o que tem se observado como resultado dessas mudanças é um processo de mecanização parcial, com a promoção do uso cada vez maior de produtos químicos, resultando no aumento da produtividade, tanto do rendimento do trabalhador quanto da terra (Leone & Hoffmann, 1988; Conceição & Conceição, 2004).

<sup>1</sup> Obra publicada originalmente em 1971.

Para Matos & Pessôa (2011), a modernização da agricultura no Brasil surgiu na expectativa do aumento do volume de produção e da produtividade de culturas voltadas para o comércio internacional, a partir das inovações das tecnologias de produção agrícola. Esse processo só se tornou viável no país “[...] no contexto de uma conjuntura política em que o Estado foi o condutor, por meio de investimentos em pesquisas científicas, com a criação de órgãos como a EMBRAPA, programas e créditos agrícolas” (Matos; Pessôa, 2011, p. 291).

Paiva (1971) observou que a distribuição do processo de modernização agrícola no Brasil tem apresentado um dualismo tecnológico. O caso das regiões é notório, pois basta olhar para a agricultura do Nordeste e comparar com aquela da Zona da Mata de Minas Gerais, ou mesmo fazer analogia destas duas com o grau de modernização de São Paulo. O trabalho de Freitas et al. (2007) também deixa muito claro que as regiões brasileiras são fortemente desequilibradas quanto ao grau de desenvolvimento agropecuário.

De acordo com Hoffmann & Kageyama (1985), a partir dos anos 60, no Brasil a mecanização e a quimificação passaram a constituir seu novo padrão agrícola. Tratores, fertilizantes e defensivos se tornam os elementos que passaram a determinar a produtividade da agricultura. Este processo de transição, por sua vez, favoreceu aos grandes produtores e algumas regiões, trazendo consigo uma desorganização das relações tradicionais de trabalho, especialmente quanto à expansão dos trabalhadores temporários, sem contar com a elevação da concentração fundiária atrelada ao surgimento dos grandes complexos agroindustriais.

Alves et al. (2005) chamam a atenção para o fato da agricultura brasileira ter se tornado, nos últimos 20 anos, referência mundial devido ao crescimento da produtividade, que colocou o país como um dos principais produtores e exportadores de mercadorias agrícolas do planeta. O acesso e adaptação do Cerrado também contribuíram sobremaneira para este fato. No entanto, mostram que as regiões Norte e Nordeste têm ficado aquém do processo de modernização, com a presença de propriedades agrícolas em estágios deficitários quanto à adoção de práticas e técnicas agrícolas modernas.

No contexto amazônico, Barros et al. (2002) retratam que foi a partir dos planos governamentais das décadas de 60 e 70, com construção de rodovias e incentivos de colonização, atrelados ao capital estrangeiro investido na extração mineral, a partir da década de 70, que o setor da agropecuária conseguiu maiores progressos. Essa consolidação de infraestrutura foi possível com a construção das rodovias Belém-Brasília, da atual BR-364 e da Transamazônica, que favoreceram tanto para o avanço da pecuária de corte como da integração nacional da região, sem contar com o estabelecimento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), fomentando o processo de colonização regional.

É no fim da década de 70 que surge um grandioso “[...] movimento migratório de camponeses até o sul da Amazônia. Milhares de pequenos agricultores sem terras, inclusive operários pobres ou sem trabalho – principalmente das regiões Sul e Sudeste [...]” (Dantas & Fonteles, 2004, p. 11). Portanto, a partir de então, se começa um avanço intenso de colonização, especialmente de sulistas ao interior do Norte brasileiro, com introdução inicial nos estados de Rondônia, Pará e Mato Grosso, depois se espalhando ao restante dos estados, como o caso do Acre e Amazonas. Esses migrantes tinham grande disposição de empreender novas atividades de produção agropecuária, em padrões técnicos superiores aos praticados ou mesmo ausentes nesses territórios, transformando-se no vetor de expansão e de deslocamento da fronteira agropecuária.

Sicsú & Lima (2000, p. 119) explicam que a exploração mineral, diretamente interligada com propostas industriais e grandes projetos agropecuários, também contribuiu e acelerou a ocupação da Região Norte. No que se pese, “A criação de infraestrutura energética, através de projetos hidrelétricos e exploração de petróleo, nas décadas de 70 e 80, e, mais recentemente, grandes descobertas de gás natural [...]”, também foram determinantes para esta expansão ocupacional e exploradora na região amazônica.

É a partir da década de 90, de acordo com Carvalho (2008, p. 2), que uma nova lógica de ocupação é assumida na fronteira agrícola amazônica. O foco agora volta-se para “[...] a criação de cadeia produtiva que garanta à produção local de carnes e grãos o acesso ao mercado mundial ao menor custo Brasil”, isto é, a busca pela inserção da região no comércio internacional brasileiro por meio da integração e fortalecimento do complexo agropecuário,

já ocorrido nas demais macrorregiões. Esse fenômeno, portanto, tem levado à expansão da fronteira agrícola em direção ao norte do Brasil.

Deste modo, se entende que a modernização agrícola tem na Revolução Verde sua maior inspiração, em que se transformam as relações de produção e trabalho no meio rural. As inovações tecnológicas tomam conta da produção, principalmente, com o processo de mecanização do campo e uso de insumos químicos e biológicos modernos, como fertilizantes e defensivos agrícolas. Esse movimento de transformação ganha espaço no Brasil a partir dos anos 60, com o surgimento de um novo padrão agrícola, especialmente, com a industrialização da agricultura e formação dos chamados complexos agroindustriais. O Estado representou um dos principais agentes desse processo, com incentivos creditícios e incorporação da pesquisa científica na agenda de política agrícola nacional com a criação da EMBRAPA na década de 70, por exemplo. Sem contar, a dualidade criada no território nacional, com a presença de regiões altamente modernas e outras atrasadas, em se tratando da modernização agrícola.

A região amazônica tem sido cada vez mais incorporada neste contexto de aumento da produtividade via modernização agrícola, mas que tem provocado transformações ambientais indesejadas, como o aumento do desmatamento, perda de biodiversidade e modificação nos serviços ecossistêmicos, sem contar as mudanças de cunho social, como a concentração e aumento dos conflitos pela terra, a substituição da agricultura familiar pela patronal, dentre outros fatores.

### 3. METODOLOGIA

Como visto, a modernização agrícola é um processo em expansão e que tem provocado mudanças significativas nas atividades agropecuárias de todo o Brasil, especialmente nas áreas consideradas como fronteiras agrícolas, hoje em pleno avanço rumo ao norte brasileiro, em que tem transformado radicalmente as características da produção rural, seja por meio da sua especialização ou aumento da produtividade. Nesse contexto, utiliza-se a técnica de análise fatorial para captar o nível de modernização agrícola da Região Norte do Brasil. Finaliza-se com a produção do Índice de Modernização Agrícola (IMA) dos municípios do norte brasileiro, o qual permite medir, demonstrar espacialmente e hierarquizar o andamento desse fenômeno na região estudada.

#### 3.1 Análise fatorial e o Índice de Modernização Agrícola (IMA)

A Análise fatorial é uma técnica utilizada para a combinação de variáveis que criam novos fatores, os chamados fatores latentes. No âmbito da análise fatorial, o que se pretende é a identificação de possíveis associações entre as variáveis observacionais, de modo que se defina a existência de um fator comum (latente) entre elas (Rodrigues, 2002).

Na análise do fator comum as variáveis são agrupadas em função de suas correlações. Isso significa que variáveis que compõem um determinado fator devem ser altamente correlacionadas entre si e fracamente correlacionadas com as variáveis que entram na composição do outro fator (Johnson & Wichern, 2007).

O modelo estatístico usado na análise fatorial explica uma estrutura de correlação existente entre os indicadores  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_p)^t$ , diretamente através de uma combinação linear de variáveis, que não são diretamente observadas, denominadas de *fatores comuns*, acrescida de um componente residual (Soares et al., 1999). Tal modelo é expresso da seguinte maneira:

$$Y = \Lambda F + \varepsilon \quad (1)$$

onde  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_p)^t$  é um vetor transposto de indicadores observados ( $p \times 1$ );  $\Lambda$  é uma matriz ( $p \times k$ ) tal que cada elemento  $\lambda_{ij}$  expressa a correlação existente entre o indicador  $y_i$  e o fator  $f_j$ , sendo  $\Lambda$  denominada matriz de cargas fatoriais, com o número  $k$  de fatores menor do que o número  $p$  de indicadores;  $F$  é um vetor de fatores comuns ( $k \times 1$ ); e  $\varepsilon$  é o vetor de componente residuais ( $p \times 1$ ).



O objetivo da técnica, portanto, é estimar a matriz de cargas dos fatores, para explicar o máximo possível da estrutura de correlação entre os indicadores  $Y_{p \times 1}$  através dos fatores comuns,  $F_{k \times 1}$ . Em geral, a estrutura inicial das estimativas destas cargas fatoriais não é definitiva.

Para confirmar ou rejeitar a estrutura inicial, o método de análise fatorial permite fazer uma rotação dessa estrutura. Para tanto, se utiliza a matriz de correlação  $R_{p \times p}$ , dos indicadores do modelo (1). As colunas de  $\Lambda_{p \times k}$  são formadas pelos autovetores normalizados da matriz  $R_{p \times p}$  submetida a uma rotação ortogonal, utilizando-se o método de Varimax, com o intuito de melhor definir o padrão de relação entre cada indicador e os fatores utilizados.

Fato relevante é que associados à matriz  $R_{p \times p}$  também existem  $p$  autovetores ( $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \lambda_p \geq 0$ ), que fornecem o percentual da variância total explicada pelos fatores, de tal modo que a soma dos  $\lambda_i$ 's é igual à variância total do modelo. Dessa maneira, pode-se definir o número de fatores do modelo (1) com base no percentual de explicação de cada fator na variância total.

No entanto, nessa pesquisa se trabalha considerando o número exato de 5 fatores latentes. O total da variância explicada será considerada, portanto, em cima desses 5 fatores estabelecidos.

Sumarizando a análise fatorial, compreende-se que ela se realiza em quatro etapas. A primeira se relaciona com o cálculo da matriz de correlação de todas as variáveis. Após isto, é determinado o número e é feita a extração dos fatores, seguida pela rotação dos fatores, o que ajuda sobremaneira na sua interpretação e, por fim, o cálculo dos escores fatoriais (Chioveto, 2014).

Para verificar a adequação dos dados na análise fatorial é utilizado o teste de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), no qual se testa a adequação da amostra quanto ao grau de correlação parcial entre as variáveis, que deve ser pequeno. Se isto ocorre, significa que os fatores latentes explicam grande parte da associação entre as variáveis e que os resíduos estão pouco associados entre si (Rodrigues, 2002). Deve-se observar o valor do KMO > 0,5 para que sejam consideradas válidas as variáveis, que é expresso conforme Equação 2 (Mingoti, 2005).

$$KMO = \frac{K_{i \neq j} R_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} Q_{ij}^2} \quad (2)$$

onde,  $R_{ij}$  é a correlação amostral entre as variáveis  $X_i$  e  $X_j$ , e  $Q_{ij}$  é a correlação parcial entre  $X_i$  e  $X_j$ . Os valores obtidos variam entre 0 e 1.

Melo & Parré (2007) argumentam que os resultados do teste de KMO podem ser escalonados e interpretados da seguinte maneira: o intervalo de 0,90 a 1,00 como excelente; de 0,80 a 0,90 como ótimo; de 0,70 a 0,80 como bom; de 0,60 a 0,70 como regular; de 0,50 a 0,60 como ruim e 0,00 a 0,50 como inadequado.

Ademais, visando verificar a robustez da análise, se utiliza o teste de Bartlett para “[...] analisar se a matriz de correlação  $R$  é uma matriz-identidade, ou seja, rejeitar a hipótese nula de que as variáveis não são correlacionadas” (Lobão et al., 2016, p. 27).

Seguindo as recomendações de Rodrigues (2002), a análise da solução fatorial, ou seja, o valor da comunalidade extraída para as variáveis deve ser razoável (pelo menos acima de 0,5). Também devem ser elevados os valores das cargas fatoriais obtidos na matriz dos fatores rotados, isto é, depois da rotação dos eixos, pois são justamente essas cargas que vão auxiliar na interpretação dos fatores.

Conceição & Conceição (2004, p. 10) explicam que as cargas fatoriais “[...] representam os coeficientes de correlação entre cada variável e cada um dos componentes e/ou fatores [...]”. Para eles, é a soma das cargas fatoriais elevadas ao quadrado para cada variável que “[...] determina o conceito de comunalidade que indica a proporção de variância total de cada variável que é explicada pelo conjunto dos componentes. Este conceito deve ser interpretado como sendo um indicador de ‘qualidade de ajustamento’ [...]”.

Vale lembrar que todos os procedimentos referentes a operacionalização da análise fatorial se deram por meio do software estatístico *Statistical Package of Social Science* (SPSS) 22.0. Assim, após a realização de todos os procedimentos supramencionados, se toma como referência para a produção do Índice de Modernização Agrícola dos municípios da Região Norte do Brasil a Equação 3:

$$F_{ij} = \frac{(F_i - F_{\min})}{(F_{\max} - F_{\min})} \quad (3)$$

em que,  $F_{ij}$  é o escore do  $i$ -ésimo município,  $F_i$  é o fator do  $i$ -ésimo município,  $F_{\min}$  o menor fator obtido dos municípios e  $F_{\max}$  o máximo fator dos municípios utilizados na análise do  $i$ -ésimo município.

O índice de modernização agrícola para o  $i$ -ésimo município será dado, portanto, pela Expressão 4.

$$IMA = \sum_{j=1}^p \left[ \frac{\lambda_j}{\sum \lambda_j} \right] F_{ij} \quad (4)$$

em que,  $\lambda_j$  é a  $j$ -ésima raiz característica,  $p$  o número de fatores utilizados na análise do  $i$ -ésimo município e  $\sum \lambda_j$  o somatório das raízes características referentes aos  $p$  fatores extraídos.

Cabe ressaltar que após a produção do IMA, este foi submetido a um processo de interpolação visando uma melhor distribuição ao longo da classificação do índice, variando entre 0 e 1. Portanto, o município com maior IMA tem classificação igual a 1 e aquele com menor IMA tem classificação igual a 0, os demais municípios se encontram distribuídos no intervalo e hierarquizados conforme o Quadro 1.

Como forma de hierarquização dos municípios, utilizou-se a classificação do Quadro 1, baseada em Melo & Parré (2007, p. 338-339). Estes autores trabalharam com a classificação dos municípios paranaenses quanto ao seu nível de desenvolvimento rural, perfeitamente aplicado ao caso aqui pretendido:

**Quadro 1.** Classificação dos municípios da Região Norte do Brasil em relação ao Índice de Modernização Agrícola.

Modernização Muito Alta (MMA)	Maior que 2 desvios-padrão acima da média
Modernização Alta (MA)	Entre 1 e 2 desvios-padrão acima da média
Modernização regular (MR)	Entre a média e 1 desvio-padrão acima da média
Modernização Baixa (MB)	Entre a média e 1 desvio-padrão abaixo da média
Modernização Muito Baixa (MMB)	Menor que 1 desvio-padrão abaixo da média

**Fonte:** Elaborado pelo autor, com base em Melo & Parré (2007).

### 3.2 Indicadores de modernização agrícola e fonte de dados

Os fatores de produção terra e trabalho são os principais indicadores que explicam o fenômeno da modernização agrícola, que, por sua vez, são extremamente difíceis de serem delimitados no contexto de produção agrícola, decorrente de suas altas especificidades e muitas vezes subjetividades, como o caso da aptidão e habilidade do trabalhador. Nesse sentido, deve-se usar indicadores de modernização que afetem a intensidade de exploração do fator terra e do fator trabalho e, assim, conseguir captar, de fato, o nível de modernização agrícola (Hoffmann, 1992).

Seguindo estes preceitos, foi selecionado o conjunto de 25 indicadores que representam, principalmente, o potencial do uso de insumos de produção terra e trabalho. A seleção destes indicadores toma como base os trabalhos de Hoffmann (1992), Ferreira Júnior et al. (2004), Alencar & Silva (2011) e Lobão et al. (2016). Segue a lista dos indicadores selecionados:

$X_1$  = Porcentagem de estabelecimentos que usam força animal.

$X_2$  = Porcentagem de estabelecimentos que usam força mecânica.

$X_3$  = Porcentagem da área com pastagem que é plantada.

$X_4$  = Área produtiva não utilizada como porcentagem da área aproveitável.

$X_5$  = Área trabalhada como porcentagem da área aproveitável.

$X_6$  = Área com lavouras permanentes e temporárias como proporção da área aproveitável.

$X_7$  = Número de tratores por equivalente-homem (EH).

$X_8$  = Número de tratores por área explorada (AE).

$X_9$  = Número de arados por área explorada (AE).

$X_{10}$  = Número de colheitadeiras por área explorada (AE).

$X_{11}$  = Valor total dos combustíveis consumidos (R\$1.000,00) por área explorada (AE).

$X_{12}$  = Quantidade de energia elétrica consumida por área explorada (AE).

$X_{13}$  = Quantidade de energia elétrica consumida por equivalente-homem (EH).

$X_{14}$  = Valor total dos bens dos estabelecimentos (R\$1.000,00) por área explorada (AE).

$X_{15}$  = Valor total dos bens dos estabelecimentos (R\$1.000,00) por equivalente-homem (EH).

$X_{16}$  = Valor dos investimentos (R\$1.000,00) por área explorada (AE).

$X_{17}$  = Valor dos investimentos (R\$1.000,00) por equivalente-homem (EH).

$X_{18}$  = Valor total dos financiamentos em 2006 por área explorada (AE).

$X_{19}$  = Valor total dos financiamentos em 2006 por equivalente-homem (EH).

$X_{20}$  = Valor total da produção (R\$1.000,00) em 2006 por área explorada (AE).

$X_{21}$  = Valor total da produção (R\$1.000,00) em 2006 por equivalente-homem (EH).

$X_{22}$  = Valor total das despesas em 2006 por área explorada (AE).

$X_{23}$  = Valor total das despesas em 2006 por equivalente-homem (EH).

$X_{24}$  = Despesas com adubos, corretivos, sementes e mudas, agrotóxicos, medicamentos para animais, sal e rações por área explorada (AE).

$X_{25}$  = Despesas com adubos, corretivos, sementes e mudas, agrotóxicos, medicamentos para animais, sal e rações por equivalente-homem (EH).

Os dados aqui utilizados para produção dos 25 indicadores de modernização agrícola dos municípios da Região Norte foram coletados junto ao Censo Agropecuário de 2006. De acordo com Hoffmann (1992), são esses indicadores capazes de espelhar se existe uma boa relação com o nível de modernização da agricultura e, assim sendo, tomou-se como adequados e suficientes para os fins desse artigo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fatores de modernização agrícola dos municípios da Amazônia brasileira

Nas estimativas iniciais se observou que dos 25 indicadores utilizados na análise fatorial, 7 foram excluídos, porque apresentaram valores para a comunalidade abaixo de 0,5, valor tomado como referência nessa pesquisa, demonstrando que é baixo o impacto sobre a modernização agrícola por esses 7 indicadores. Conforme Alencar & Silva (2011), a comunalidade é um indicador que varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais sensível é o indicador e quanto mais próximo de 0, menos sensível é o indicador ao fenômeno estudado.

Os indicadores retirados da pesquisa foram  $X_{10}$  = Número de colheitadeiras por área explorada (AE);  $X_{11}$  = Valor total dos combustíveis consumidos (R\$1.000,00) por área explorada (AE);  $X_{13}$  = Quantidade de energia elétrica consumida por equivalente-homem (EH);  $X_{14}$  = Valor total dos bens dos estabelecimentos (R\$1.000,00) por área explorada (AE);  $X_{16}$  = Valor dos investimentos (R\$1.000,00) por área explorada (AE);  $X_{17}$  = Valor dos investimentos (R\$1.000,00) por equivalente-homem (EH); e  $X_{18}$  = Valor total dos financiamentos em 2006 por área explorada



(AE). Vale ressaltar ainda que a exclusão destes indicadores não compromete em nada os resultados da pesquisa, sendo apenas um procedimento formal adotado para estes casos.

A ausência dessas variáveis, sobretudo, revela quão diferenciado foi o processo de modernização da agropecuária da Região Norte do país na primeira década do século XXI. Os estudos de Hoffmann (1992), Ferreira Júnior et al. (2004) e Lobão et al. (2016) demonstram que essas variáveis são fundamentais para indicar o grau de modernização. No entanto, por exemplo, o número de colheitadeira ( $X_{10}$ ) e, conseqüente, o consumo de combustível ( $X_{11}$ ), que são majoritariamente relacionadas à produção de grãos, têm pouca influência na dinâmica produtiva da Região Norte.

A infraestrutura da região, expressa pelo acesso à energia elétrica ( $X_{13}$ ), e o estoque de capital das propriedades ( $X_{14}$ ;  $X_{16}$ ;  $X_{17}$ ;  $X_{18}$ ), também, não têm forte influência no processo de modernização. Isto demonstra, primordialmente, que os municípios estão em estágios iniciais de modernização, caso sejam comparados de forma estrita às demais regiões mais tecnificadas do centro-sul do país.

A Região Norte está, praticamente, toda inserida no bioma Amazônia, cuja dinâmica produtiva está condicionada às restrições institucionais, pois a reserva legal é de 80%, bem como apresenta uma infraestrutura insuficiente, o que condiciona e limita a exploração agropecuária. Sem contar que a população local tem a tradição da produção extrativista, que é um modelo que escapa da modernização orientada pelo produtivismo introduzido pelo paradigma da Revolução Verde.

Assim sendo, restaram 18 indicadores que permitiram a construção da matriz  $m \times n$ , em que  $m$  representa os 449 municípios da Região Norte do Brasil e  $n$  18 indicadores de modernização agrícola. Com isso, aplicando o modelo de análise fatorial, foi tomada como base a matriz  $X$  de tamanho  $449 \times 18$ .

Para verificação da adequabilidade dos dados à pesquisa, aferiu-se o teste de KMO e Bartlett. O resultado do KMO apresentou valor de 0,659, indicando que os dados são adequados ao estudo proposto, conforme explica Hair et al. (1995), ao dizer que valores do KMO acima de 0,5 justificam o emprego da análise fatorial.

O resultado do teste de Bartlett também foi adequado, uma vez que o método se mostrou altamente significativo a 1% de probabilidade. Conforme Stege (2015, p. 46) o teste de Bartlett “[...] determina a presença de correlações entre as variáveis, fornecendo a probabilidade estatística de que a matriz de correlações tenha correlações significativas entre pelo menos algumas variáveis”.

Conforme estabelecido metodologicamente, se optou pela extração fixa de 5 fatores latentes do conjunto total dos indicadores de modernização agrícola utilizados. Nesse sentido, se apresenta, conforme a Tabela 1, esses 5 fatores que explicam o nível de modernização agrícola dos municípios da Região Norte do Brasil.

**Tabela 1** - Variância explicada e acumulada pelos fatores com raízes características normais e rotacionadas para os 5 fatores fixos estabelecidos.

Fator	Raiz	Variância (%)	Variância acumulada (%)	Rotação Varimax		
				Raiz	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	3,878	21,547	21,547	3,069	17,051	17,051
2	3,535	19,638	41,184	2,662	14,788	31,839
3	2,219	12,330	53,514	2,631	14,615	46,454
4	2,103	11,684	65,198	2,543	14,128	60,582
5	1,616	8,977	74,175	2,447	13,593	74,175

Fonte: Resultados da pesquisa, 2017.

Com a Tabela 1, nota-se que os 5 fatores extraídos apresentam 74,20% da variância total acumulada, ou seja, em conjunto, esses fatores expressam mais de 74% da variância dos

18 indicadores de modernização agrícola dos municípios da Região Norte do Brasil. Não obstante, vale esclarecer que se utilizou do método de rotação Varimax, sendo este responsável por realizar uma rotação do tipo ortogonal como forma de maximizar a variância dos fatores e levar a uma estrutura mais simplificada, convincente e com melhor interpretação.

As cargas fatoriais dos 5 fatores gerados, após rotação, estão expostas conforme a Tabela 2. Hoffmann (1992) esclarece que são as cargas fatoriais que demonstram as correlações entre cada fator e os indicadores e que estas cargas fatoriais devem apresentar valores altos de correlação. Assim, foram considerados válidos os indicadores, dentro de cada fator, aqueles com valores de carga fatorial igual ou maior que 0,57 (em negrito).

Ainda, utilizou-se a comunalidade para expressar a variância de cada indicador, por meio dos cinco fatores, pois quanto maior o valor desta comunalidade, maior a relação existente entre o indicador e o fator, isto é, expressando maior sensibilidade e explicação dentro daquele fator. Neste caso, esta sensibilidade diz respeito ao processo de modernização agrícola.

Desta maneira, conforme a Tabela 2, os indicadores  $X_4$ ,  $X_5$ ,  $X_{22}$ ,  $X_{23}$ ,  $X_{24}$  e  $X_{25}$  são aqueles que mais influenciam o nível de modernização agrícola nos municípios do norte brasileiro, uma vez que se apresentaram mais sensíveis aos resultados.

**Tabela 2** – Cargas fatoriais e comunalidades, relação entre os 5 fatores e os 18 indicadores de modernização agrícola dos municípios da Região Norte do Brasil, após rotação do tipo Varimax.

Indicador	Carga Fatorial					Comunalidade
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	
INDX <sub>1</sub>	0,011	-0,127	0,177	<b>0,756</b>	-0,067	0,623
INDX <sub>2</sub>	-0,014	0,110	-0,176	<b>-0,811</b>	-0,049	0,703
INDX <sub>3</sub>	-0,002	0,045	0,177	0,560	<b>0,574</b>	0,676
INDX <sub>4</sub>	0,005	0,027	-0,041	0,099	<b>-0,961</b>	<b>0,935</b>
INDX <sub>5</sub>	-0,006	-0,033	0,051	-0,079	<b>0,963</b>	<b>0,938</b>
INDX <sub>6</sub>	-0,024	-0,025	0,008	<b>-0,786</b>	0,098	0,628
INDX <sub>7</sub>	0,115	0,185	<b>0,694</b>	0,248	0,213	0,636
INDX <sub>8</sub>	0,043	<b>0,832</b>	0,013	0,025	0,031	0,695
INDX <sub>9</sub>	0,030	<b>0,819</b>	0,044	0,017	0,005	0,674
INDX <sub>12</sub>	0,079	<b>0,744</b>	-0,050	-0,105	0,020	0,573
INDX <sub>15</sub>	0,082	-0,099	<b>0,719</b>	0,369	0,145	0,691
INDX <sub>19</sub>	0,059	-0,041	<b>0,806</b>	0,095	0,028	0,665
INDX <sub>20</sub>	0,016	<b>0,582</b>	0,176	-0,328	-0,381	0,623
INDX <sub>21</sub>	0,027	0,063	<b>0,816</b>	-0,098	-0,134	0,698
INDX <sub>22</sub>	<b>0,733</b>	0,552	-0,005	-0,120	-0,102	<b>0,867</b>
INDX <sub>23</sub>	<b>0,800</b>	-0,035	0,420	0,120	0,077	<b>0,838</b>
INDX <sub>24</sub>	<b>0,959</b>	0,126	-0,049	-0,015	-0,037	<b>0,940</b>
INDX <sub>25</sub>	<b>0,968</b>	-0,053	0,067	0,051	0,022	<b>0,948</b>
% var.	17,051	14,788	14,615	14,128	13,593	

Fonte: Resultados da pesquisa, 2017.

Dentre todos os indicadores, o  $X_{12}$ , que é a quantidade de energia elétrica consumida por área explorada (AE), se apresentou como aquele que precisa ser expandido no processo de modernização pelos estabelecimentos agropecuários da região, pois evidencia haver espaço para uso mais intensivo de energia elétrica em relação às áreas exploradas, haja vista ter apresentado a comunalidade mais baixa, com valor de 0,573, e trata-se de uma variável que indica infraestrutura. Uma possível explicação para este resultado se dá devido ainda existir na região muitos produtores rurais com acesso dificultado e limitado de energia elétrica,

como é o caso de muitos municípios que possuem acesso restrito, seja por falta de infraestrutura ou isolamento geográfico, como, por exemplo, é o caso dos municípios de Santa Rosa do Purus e Marechal Thaumaturgo, no estado do Acre, que não possuem ligação via terrestre com o restante do estado, sendo somente possível acesso via aérea ou fluvial.

Já os demais indicadores, com exceção de  $X_2$ ,  $X_4$  e  $X_6$ , que apresentaram relação negativa com o fator, indicam que podem e precisam ser potencializados para um maior nível de modernização agrícola, especialmente aqueles com comunalidades entre 0,6 e 0,8. Nesse sentido, entende-se que o próprio papel do Estado como indutor dos estabelecimentos rurais é de suma importância, especialmente naqueles municípios com carências de crédito rural, mão de obra especializada e atendimento técnico, favorecendo a oferta de crédito, a expansão de investimentos agropecuárias ou mesmo com a base técnica de consultorias e assessorias, como tem ocorrido com a presença das EMATERs, por exemplo, aumentando a produtividade agrícola na região.

Analisando a formação dos fatores, é perceptível, ainda conforme a Tabela 2, que o fator  $F_1$  apresentou correlação com valor das despesas em 2006 por área explorada ( $X_{22}$ ) e por equivalente-homem ( $X_{23}$ ) e com despesas com adubos, corretivos, sementes e mudas, agrotóxicos, medicamentos para animais, sal e rações por área explorada ( $X_{24}$ ) e por equivalente homem ( $X_{25}$ ). Esses indicadores estão relacionados com o custeio e apresentaram relação positiva com o processo de modernização agrícola. No conjunto, representaram a maior variância acumulada, com valor de 17,051% do total, enfatizando o quanto os gastos na produção são importantes para melhorar as condições de produção, principalmente na região em estudo que, por sua vez, tem como característica a produção de culturas diversas, como banana, abacaxi, mandioca, laranja, açaí, guaraná, dentre outras, assim como ser de baixa renda. Portanto, optou-se por nominar o fator  $F_1$  de fator de despesa agrícola.

O fator  $F_2$ , por sua vez, também se compõe de quatro indicadores, sendo número de tratores por área explorada ( $X_8$ ), número de arados por área explorada ( $X_9$ ), quantidade de energia elétrica por área explorada ( $X_{12}$ ) e valor total da produção (R\$1000,00) em 2006 por área explorada ( $X_{20}$ ). Os indicadores também apresentaram relação direta e positiva com a modernização agrícola, bem como o conjunto do fator representou variância de 14,788 do total e predominância de indicadores relativos à área explorada, assim sendo denominado de fator de uso da terra.

Os indicadores número de tratores por equivalente homem ( $X_7$ ), valor total dos bens dos estabelecimentos (R\$1.000,00) por equivalente-homem ( $X_{15}$ ), valor total dos financiamentos em 2006 por equivalente-homem ( $X_{19}$ ) e valor total da produção (R\$1.000,00) em 2006 por equivalente-homem ( $X_{21}$ ) completam o fator  $F_3$ . Percebe-se que a mão de obra é determinante, seja em relação às ferramentas de trabalho, recursos financeiros ou ao resultado da produção. Assim, resolveu-se chamar este fator de fator de trabalho intensivo. Cabe ressaltar ainda que todos os quatro indicadores apresentaram relação positiva com a modernização agrícola.

O fator  $F_4$  teve resultado curioso, mas compreensível em se tratando da Região Norte do Brasil, pois o indicador *porcentagem de estabelecimentos que usam força animal* ( $X_1$ ) apresentou relação direta com a modernização agrícola e o indicador *porcentagem de estabelecimentos que usam força mecânica* ( $X_2$ ) mostrou-se com relação negativa, o que, em primeira mão, parece ir de encontro com o que a literatura especializada apresenta. No entanto, vale dizer que a força mecânica na produção rural do norte brasileiro ainda é muito baixa, onde a maioria dos estabelecimentos, como mostram os dados do Censo Agropecuário de 2006, ainda fazem uso de animais na sua produção. Nesse sentido, a força mecânica não assume significância representativa quando comparada da importância que a força animal ainda tem para os produtores daquela região.

De todo modo, aqui cabe uma reflexão, pois a mecanização agrícola é um dos passos importantes no processo de modernização agrícola e, portanto, precisa ser desenvolvida nos municípios estudados, mesmo com a grande limitação quanto ao capital de investimento, que é muito baixo na região. O fator  $F_4$  ainda teve como componente o indicador *área com lavouras permanentes e temporárias como proporção da área aproveitável* ( $X_6$ ), que também se mostrou com sentido contrário a modernização. Diante destes resultados e controvérsias, resolveu-se nominar este o  $F_4$  de *fator precário de modernização agrícola*.

Já o último e quinto, o fator  $F_5$  formou-se pelos indicadores porcentagem da área com pastagem que é plantada ( $X_3$ ), área produtiva não utilizada como porcentagem da área aproveitável ( $X_4$ ) e área trabalhada como porcentagem da área aproveitável ( $X_5$ ). Destaca-se que, como era de se esperar, o indicador  $X_4$  apresentou ligação negativa com a modernização agrícola, pois quanto maior a área produtiva utilizada, maior é a possibilidade de expandir a produção, bem como os elementos que favorecem a modernização agrícola, como confirmam os outros dois indicadores  $X_3$  e  $X_5$ , uma vez que estes exploram ao máximo a área utilizada na agropecuária e têm relação positiva e direta, como reforçam as cargas fatoriais. Ademais, pelas associações observadas nesse fator, optou-se por nominá-lo de fator área de produção intensiva.

#### 4.2 Índice de Modernização Agrícola (IMA) dos municípios da Amazônia brasileira

Foram apresentados e explicados os fatores latentes extraídos do conjunto de variáveis utilizadas, o que permite a exploração do nível de modernização agrícola dos municípios dos 7 estados que compõe a região em estudo, por meio do Índice de Modernização Agrícola (IMA). O índice sumariza e permite verificar, de forma mais localizada, como vem evoluindo a modernização agrícola na Amazônia brasileira a partir do uso de insumos modernos e, especialmente, identificando regiões com os melhores e os piores rendimentos agrícolas, considerando que a modernização agrícola é determinante no sucesso dos empreendimentos rurais para o paradigma produtivista, que contribuiu para o crescimento da produção agropecuária em regiões mais recentes, como o Centro-Oeste, e afetando diretamente sua produtividade e, conseqüentemente, o rendimento de produção.

Após processo de interpolação do índice, se obteve uma média do IMA de 0,508, o que, com uma breve análise regional, proporciona identificar a presença de 236 municípios com IMA maior ou igual à média regional, do total de 449 municípios, isto representa 52,56% da totalidade. No entanto, os resultados do IMA apresentaram um coeficiente de variação no valor de 0,40, extremamente alto, demonstrando que existe forte dispersão dentro da Região Norte entre o nível de modernização dos municípios. Nesse cenário, reforça-se a tese da presença de localidades com alta modernização do meio rural em detrimento de outras com baixa modernização, ou seja, um padrão altamente heterogêneo de modernização agrícola.

De forma agregada, a Tabela 3 expõe, por estado, a quantidade de municípios com sua respectiva classificação do IMA. De antemão, é verificado que a modernização agrícola da Região Norte se encontra com predomínio de municípios classificados entre *modernização regular*, *baixa* e  *muito baixa*, uma vez que estas três categorias agrupam mais de 84% da totalidade dos municípios da região.

**Tabela 3** - Classificação dos municípios da Região Norte do Brasil com relação ao IMA e sua respectiva porcentagem em relação ao estado.

Intervalo	MMA	MMA (%)	MA	MA (%)	MR	MR (%)	MB	MB (%)	MMB	MMB (%)	Total Município
ACRE	0	0,00	0	0,00	7	31,82	9	40,91	6	27,27	22
AMAZONAS	0	0,00	0	0,00	5	8,06	18	29,03	39	62,90	62
AMAPÁ	0	0,00	0	0,00	0	0,00	9	56,25	7	43,75	16
PARÁ	5	3,50	27	18,88	52	36,36	41	28,67	18	12,59	143
RONDÔNIA	2	3,85	23	44,23	25	48,08	2	3,85	0	0,00	52
RORAIMA	0	0,00	0	0,00	3	20,00	8	53,33	4	26,67	15
TOCANTINS	1	0,72	13	9,35	71	51,08	48	34,53	6	4,32	139
Região Norte	8	1,78	63	14,03	163	36,30	135	30,07	80	17,82	449

Fonte: Resultados da pesquisa, 2017.

Na Região Norte, o estado de Rondônia é aquele com os melhores resultados, pois possui apenas 2 municípios no estágio de MB, enquanto os demais estão entre *modernização*

*regular a modernização muito alta*, representando 96,18% do estado. De acordo com Mueller (1992), Rondônia, desde a década de 70, recebia população que vinha da frente migratória formada por pequenos agricultores e trabalhadores rurais oriundos do Paraná, anteriormente tinha vindo do Rio Grande Sul, que intensificou o período de modernização da agricultura, em busca de novas oportunidades, cujo processo facilitou a inserção dessa fronteira agrícola de produção em um processo moderno e produtivo, com o melhoramento da produtividade. Ressalta-se ainda que o alto nível de modernização agrícola em Rondônia, especialmente na região mais a leste, decorre da sua proximidade com o Mato Grosso e por onde atravessa a BR-364, principal via de acesso terrestre ao estado (Silva, 2010).

Cabe ressaltar que os estados mais ao norte e a oeste têm como característica a modernização agrícola insuficiente, como é o caso de Acre, Amazonas, Amapá e Roraima. Estes 4 entes federativos não apresentaram nenhum município nas classificações de *modernização muito alta ou alta*, mostrando o déficit e uma defasagem nesse processo de ocupação e produção agrícola. O estado do Amapá se destaca do ponto de vista da ausência de municípios com índices altos ou regulares, haja vista ter a pior situação entre os demais, já que seus municípios estão classificados em MB e MMB, o que é extremamente preocupante, haja vista que a atividade primária é de suma importância para o desenvolvimento desse estado.

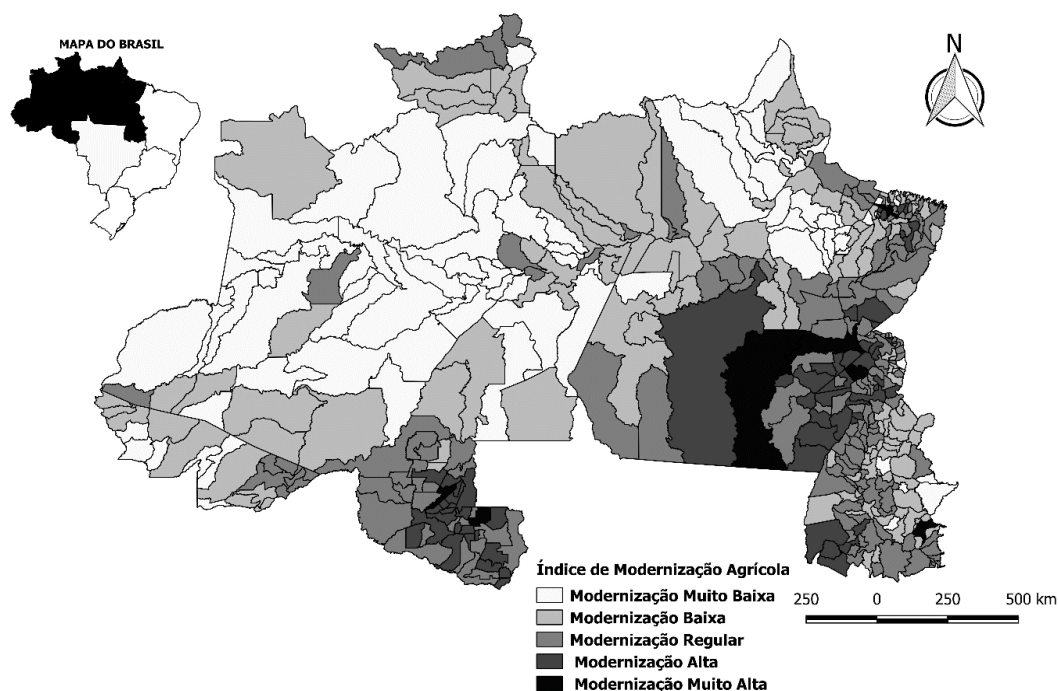
Assim como Rondônia, Tocantins apresenta níveis de modernização agrícola mais elevados, pois é um estado em plena expansão agrícola e dentro da fronteira de produção, e boa parte do seu bioma é Cerrado, no qual o padrão de produção agropecuário foi consolidado nas áreas de fronteira mais antiga do Centro-Oeste. De todo modo, sua concentração maior ficou em torno de uma *modernização regular*, com um total de 51,08% dos municípios neste estágio.

O estado do Pará tem sido aquele com maior diversidade de modernização agrícola, porém com grande viés positivo. Mais de 58% dos municípios ficaram com rendimento de regular a muito alto. É um estado com grande predomínio de atividades extrativas minerais, mas que tem avançado na produção agrícola, especialmente a sua região sul, fronteira com Mato Grosso e Tocantins.

Na Figura 1 se verifica, espacialmente, a distribuição do nível de modernização agrícola na Região Norte do Brasil, a qual revela um claro padrão de baixa modernização agrícola ao norte e a oeste da região estudada, complementando as informações anteriores, com especial destaque aos estados do Acre, Amazonas, Roraima e Amapá. Destaca-se que nesse limite geográfico há uma predominância de territórios com altas densidades de matas e florestas nativas e, portanto, com baixa atividade agrícola sendo desenvolvida, quando comparado com os demais estados, tanto da região como do Brasil, justificando também esse baixo nível de modernização agrícola. Tratam-se ainda de regiões, na sua maioria, com difícil acesso, o que também compromete o desenvolvimento de práticas modernas na produção, seja pela dificuldade do próprio acesso, baixa renda dos produtores rurais ou falta de investimento do setor público ou privado, assim como pelo desenvolvimento de culturas em pequena escala de produção e desenvolvidas por meio da agricultura familiar de baixo conteúdo tecnológico e para subsistência.

Assim sendo, realça-se a necessidade de se promover a produção nos municípios com baixa ou muito baixa modernização agrícola de forma intensiva, haja vista se tratar de um bioma que tem limitações legais de exploração expansionista dos recursos naturais. Só por meio do processo de melhoramento e modernização da produção que se conseguirá tal feito. Logo, esses espaços deprimidos, do ponto de vista da produção agrícola, necessitam de intervenções externas para se desenvolverem, sendo necessário o suporte do poder público, por meio de qualificação profissional, disponibilização de crédito rural a juros baixos, assessoria e consultoria técnica e, inclusive, repasses de materiais e equipamentos modernos, para melhorarem o processo de modernização agrícola no modelo vigente.





**Figura 1.** Mapa de modernização agrícola dos municípios da Região Norte do Brasil. **Fonte:** Resultado da pesquisa, 2017.

Ainda conforme a Figura 1, nota-se que ao sul e à leste da Região Norte brasileira emergem padrões espaciais de modernização agrícola mais avançados, contando, principalmente, com o estado de Rondônia, sul e leste do Pará e Tocantins. Nesse sentido, é fato que existe uma polarização na Região Norte quanto à modernização da produção rural, explicada pelo avanço da fronteira agrícola através do Mato Grosso, de um lado, e do MAPITOBA, composta pelos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, do outro lado, estando claramente ilustrado na Figura 1.

Freitas & Mendonça (2016, p. 506), em estudo sobre a expansão agrícola no Brasil nos últimos vinte anos (1994-2013), detectaram uma “[...] dinâmica de expansão de área agrícola pela rota Centro Noroeste do país com projeções relativamente bem definidas na direção dos trechos ocidentais e meridionais da região Norte [...]”. Esses resultados corroboram aqueles encontrados neste trabalho, revelando que para além da expansão de áreas agricultáveis, a fronteira agrícola tem avançado com um moderado padrão tecnológico de produção, como é demonstrado na Figura 1. Os autores ainda observaram que há a presença de um subeixo de aumentos de áreas agrícolas nas mesorregiões do nordeste mato-grossense, norte mato-grossense, sul amazonense e no Vale do Juruá no Acre, isto é, dentro do contexto da Amazônia Legal Brasileira.

O avanço da fronteira agrícola, a expansão das áreas agricultáveis e a inserção do processo de modernização agrícola na região da Amazônia brasileira tem se dado a partir do vetor de indução rodoviário. É com as rodovias BR-153, também conhecida como Belém-Brasília, e BR-364, que liga os estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso e São Paulo, por onde se destaca a expansão e modernização agrícola na região, conforme pode ser visualizado na Figura 2 e comparada com o IMA, exposto na Figura 1.



agrícolas, a forma de uso da terra e o uso intensivo de mão de obra são os principais determinantes no processo de modernização do campo na região estudada.

O Índice de Modernização Agrícola (IMA) foi calculado a partir dos fatores e usando suas cargas fatoriais. Tornou-se possível, portanto, compreender o nível de modernização agrícola dos municípios do norte brasileiro. O estado de Rondônia foi o que apresentou melhor nível de modernização do campo, haja vista que nenhum dos seus municípios encontrava-se nos estágios de baixa ou muito baixa modernização. Destacam-se ainda o estado de Tocantins e as regiões sul e leste do Pará.

Por outro lado, Acre, Amazonas, Amapá e Roraima concentraram os municípios com piores níveis de modernização agrícola na região. Amapá, por sua vez, apresentou somente localidades com graus de baixa ou muito baixa modernização, o que é preocupante para o desenvolvimento desse estado, pois o setor primário tem grande relevância no contexto regional, exceto que tenha potencial para desenvolver um modelo agropecuário alternativo ao vigente das áreas mais tecnificadas.

Na região da Amazônia brasileira predomina claramente um padrão heterogêneo e dual da modernização agrícola, em que ao norte e oeste da região (Amazônia Ocidental) encontram-se os mais baixos níveis de modernização e ao sul e leste da região (Amazônia Oriental) verificam-se os municípios com os melhores graus de modernização agrícola. Esse padrão territorial encontrado é perfeitamente explicado pelo avanço da fronteira agrícola de produção proveniente do estado de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e da região denominada de MAPITOBA.

Por fim, verifica-se a necessidade da promoção e melhoramento da produção agrícola dos municípios deprimidos, especialmente daqueles ao norte e oeste da região em estudo (Amazônia Ocidental), com vistas ao alcance de um desenvolvimento rural mais equilibrado entre os municípios da região. Para tanto, sugere-se a intervenção estatal por meio de políticas agrícolas sustentáveis, pois é fato que nos municípios com os melhores níveis de modernização, oriundos do modelo produtivista, tem se incorrido em altos custos ambientais e sociais. Portanto, gerando uma alta produtividade, mas externalidades negativas perversas, especialmente ao meio ambiente e pequenos produtores.

Nesses termos, acredita-se que a intervenção estatal deva ser realizada com políticas agrícolas em harmonia com os recursos naturais e respeito a comunidades tradicionais e pequenos produtores. Pode-se indicar a oferta de crédito rural com baixas taxas de juros para projetos ambientalmente adequados, visando aumentar o investimento privado e, conseqüentemente, as despesas agrícolas, fomentando o mercado local. Aumentar e intensificar assessorias, consultorias técnicas e de qualificação profissional da mão de obra, com vistas ao aperfeiçoamento da produção e melhorando o rendimento, tanto dos recursos naturais como do trabalhador e, na medida do possível, disponibilização de máquinas e equipamentos para a produção do campo, favorecendo a mecanização e, conseqüente, a eficiência e eficácia na produção, mas, sempre respeitando os limites de regeneração dos ecossistemas amazônicos, aqui a EMBRAPA assume relevância ímpar e devendo ser fortalecida.

Enfim, indica-se que o aumento da produtividade na região não tenha como conceito principal de modernização agrícola aquele oriundo e embasado nos princípios produtivistas da Revolução Verde, haja vista que a Amazônia Ocidental é vista como o território mais conservado e preservado do planeta.

## REFERÊNCIAS

- Albergoni, L., & Pelaez, V. (2007). Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas. *Revista de Economia*, 33(1), 31-53.
- Alencar, J. J., & Silva, R. G. (2011). Política agrícola e modernização: Rondônia e Acre em evidência. *Revista de Política Agrícola*, 10(3), 1-25. Recuperado em 29 de março de 2017, de <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/35/25>
- Alves, E., Contini, E., & Hainzelin, É. (2005). Transformações da agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 22(1), 37-51. Recuperado em 26 de março de 2017, de <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/119489/1/v22n1p37.pdf>

- Barros, G. S. C., de Zen, S., Bacchi, M. R. P., Ichihara, S. M., Osaki, M., & Ponchio, L. A. (2002). *Economia da pecuária de corte na região norte do Brasil*. Piracicaba: Centro de estudos avançados em economia aplicada – ESALQ/USP. Recuperado em 26 de abril de 2017, de [http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1185895645304/4044168-1185895685298/011\\_EconomiaPecuaricaCorteRegNorte.pdf](http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1185895645304/4044168-1185895685298/011_EconomiaPecuaricaCorteRegNorte.pdf)
- Becker, B. K. (2007). Berta Becker. In E. P. Nascimento & J. N. Vianna (Orgs.), *Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentável no Brasil*. Rio de Janeiro: Garamond.
- Brasil. Ministério da Integração Nacional. (agosto, 2005). *Política nacional de desenvolvimento regional*. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Recuperado em 27 de abril de 2017, de [http://www.unc.br/mestrado/mestrado\\_materiais/10.03.08\\_-\\_PNDR\\_texto\\_prova\\_seletiva.pdf](http://www.unc.br/mestrado/mestrado_materiais/10.03.08_-_PNDR_texto_prova_seletiva.pdf)
- Carvalho, R. M. C. (2008). Rondônia e Pará: semelhanças e diferenças na expansão da fronteira agrícola. In *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)*. Brasília: SOBER. Recuperado em 10 de abril de 2017, de <http://www.sober.org.br/palestra/9/515.pdf>
- Chioveto, M. O. T. (2014). *Desenvolvimento rural no Mato Grosso e seus Biomas* (Tese de doutorado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo.
- Conceição, P. H. Z., & Conceição, J. C. P. (2004). Modernização da agricultura no estado de minas gerais: uma perspectiva histórica dos anos 80. In *Anais do Congresso Brasileiro de Economia Rural* (Vol. 42). Brasília: SOBER. Recuperado em 25 de março de 2017, de <http://www.sober.org.br/palestra/12/120523.pdf>
- Dantas, T. M., & Fonteles, L. V. (2004). *Avanço da fronteira agrícola na Amazônia*. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer. Recuperado em 28 de abril de 2017, de [http://bvs1.panaftosa.org.br/local/file/textoc/avancos\\_frenteira\\_agricola\\_amazonia.pdf](http://bvs1.panaftosa.org.br/local/file/textoc/avancos_frenteira_agricola_amazonia.pdf)
- Evenson, R. E., & Gollin, D. (2003). Assessing the impact of the green revolution. *Science*, 300(5620), 758-762.
- Ferreira Júnior, S., Baptista, A. J. M. S., & Lima, J. E. (2004). A modernização agropecuária nas microrregiões de Minas Gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 42(1), 73-89. Recuperado em 25 de março de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/resr/v42n1/20923.pdf>
- Freitas, C. A., Bacha, C. J. C., & Fossati, D. M. (2007). Avaliação do desenvolvimento do setor agropecuário no Brasil: período de 1970 a 2000. *Economia e Sociedade*, 19(1), 111-124. Recuperado em 22 de junho de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/resr/v54n3/1806-9479-resr-54-03-00497.pdf>
- Freitas, R. E., & Mendonça, M. A. A. (2016). Expansão agrícola no Brasil e a participação da soja: 20 anos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 54(3), 497-516. Recuperado em 22 de junho de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/resr/v54n3/1806-9479-resr-54-03-00497.pdf>
- Gutberlet, J. (2002). Zoneamento da Amazônia: uma visão crítica. *Estudos Avançados*, 46(16), 157-174. Recuperado em 28 de abril de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/ea/v16n46/v16n46a13.pdf>
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1995). *Multivariate data analysis: with readings*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hayami, Y., & Ruttan, V. W. (1971). *Agricultural development: an international perspective*. Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- Hoffmann, R., & Kageyama, A. A. (1985). Modernização da agricultura e distribuição de renda no Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 15(1), 171-208. Recuperado em 22 de março de 2017, de [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6148/1/PPE\\_v15\\_n01\\_Modernizacao.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6148/1/PPE_v15_n01_Modernizacao.pdf)
- Hoffmann, R. (1992). A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 30(4), 271-290.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis* (6<sup>th</sup> ed). New Jersey: Pearson Prentice Hall: Upper Saddle Rives.
- Kageyama, A. (Coord). (1997). *O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais*. Campinas: UNICAMP. Mimeo.
- Kugizaki, Y. (1983). Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: proposta de um novo modelo. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. 1-8. Recuperado em 22 de março de 2017, de <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/271/1/83-04-artigo1.pdf>
- Leone, E. T., & Hoffmann, R. (1988). Modernização e distribuição de renda na agricultura da Bahia. *Revista da Associação Brasileira de Reforma Agrária*, 18(1), 38-56. Recuperado em 7 de março de 2017, de [www.eco.unicamp.br/docprod/downarq.php?id=1263&tp=a](http://www.eco.unicamp.br/docprod/downarq.php?id=1263&tp=a)



- Lobão, M. S. P., Côrrea, A. S., Wenningkamp, K. R., Shikida, P. F. A., & Alencar, J. J. (2016). Modernização agrícola do Paraná. *Revista de Política Agrícola*, 25(3), 21-35. Recuperado em 30 de abril de 2017, de <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1153/pdf>
- Me guia Brasil. (2017). *Mapa rodoviário da região Norte*. Recuperado em 07 de Novembro de 2017, de <http://www.meguiabrasil.com/mapadobrasil/mapa-rodoviario-regiao-norte.php>.
- Matos, P. F., & Pessôa, V. L. S. (2011). A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. *GeoUERJ*, 22(2), 290-322.
- Melo, C. O., & Parré, J. L. (2007). Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 45(2), 329-365. Recuperado em 30 de março de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/resr/v45n2/05.pdf>
- Mingoti, S. A. (2005). *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: UFMG.
- Mueller, C. C. (1992). Dinâmica, condicionantes e impactos socioambientais da evolução da fronteira agrícola no Brasil. *Revista de Administração Pública*, 26(3), 64-87.
- Paiva, R. M. (1971). Modernização e dualismo tecnológico na agricultura. *Pesquisa e Planejamento*, 1(2), 171-234. Recuperado em 28 de abril de 2017, de [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3714/1/PPE\\_v01\\_n02\\_Modernizacao.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3714/1/PPE_v01_n02_Modernizacao.pdf)
- Rodrigues, M. C. P. (2002). Potencial de desenvolvimento dos municípios fluminenses: uma metodologia alternativa ao IQM, com base na análise fatorial exploratória e na análise de *clusters*. *Caderno de Pesquisas em Administração*, 9(1), 20-42.
- Schuh, G. E. (1973). Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: alguns comentários. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 3(1), 51-94. Recuperado em 29 de abril de 2017, de <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/viewFile/250/183>
- Sicsú, A. B., & Lima, J. P. R. (2000). Fronteiras agrícolas no Brasil: a lógica de sua ocupação recente. *Nova Economia*, 10(1), 109-138. Recuperado em 29 de abril de 2017, de <http://revistas.face.ufmg.br/index.php/novaeconomia/article/view/2145/1123>
- Silva, R. G. C. (2010). *Dinâmica territorial em Rondônia: conflitos na produção e uso territorial no período de 1070-2010* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Soares, A. C. L. G., Gosson, A. M. P. M., Madeira, M. A. L. H., & Teixeira, V. D. S. (1999). Índice de desenvolvimento municipal: hierarquização dos municípios do Ceará no ano de 1997. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, n. 97, set./dez., 71-89. Recuperado em 30 de março de 2017, de <http://www.ipardes.pr.gov.br/ojs/index.php/revistaparanaense/article/view/260/215>
- Stege, A. L. (2015). *Análise da intensidade tecnológica agrícola dos municípios de alguns estados brasileiros nos anos de 2000 e 2010* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- Veiga, J. E. (2005). *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. (2ª ed.). Rio de Janeiro: Garamond Universitária.

**SUBMETIDO** 4/7/17

**ACEITO** 21/4/19

**JEL Classification:** Q; Q1; Q55; R1.