

DETERMINANTES DA EXPANSÃO DA FRONTEIRA DE PRODUÇÃO DAS CULTURAS DE ARROZ, MILHO E SOJA NO NORTE E NORDESTE BRASILEIRO

Determinants of the expansion of the production frontier of rice, corn and soybeans in the North and Northeast of Brazil

Eduardo de Pintor

Economista. Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Campus Toledo. eduardo.pintor@unila.edu.br

Carlos Alberto Piacenti

Economista. Doutor e mestre em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Professor Adjunto da UNIOESTE, Campus de Toledo. piacenti8@yahoo.com.br

Resumo: O setor agrícola é indispensável para o desenvolvimento da economia brasileira e tem se mostrado dinâmico quanto ao seu processo de expansão e modernização, sendo o Brasil um dos poucos países com possibilidade de expansão de sua fronteira agrícola de produção via incorporação de novas áreas. Este processo continua ocorrendo, mantendo-se concentrado nas regiões Norte e Nordeste. Para Schumpeter, o agente capaz de realizar a expansão agrícola é o agricultor, figurando como o agente capaz de realizar as novas combinações que resultam em inovações. Assim, para analisar a expansão da fronteira de produção das culturas de arroz, milho e soja no Norte e Nordeste, de 1999 a 2012, foi utilizado um modelo econométrico estimado por meio da técnica de dados em painel. A equação estimada constatou que 81,95% da área colhida das culturas de arroz, milho e soja para o Norte e Nordeste, são explicadas pelo crédito rural, Valor Adicionado Bruto da agropecuária, preço das *commodities*, número de empregados no setor agrícola, número de estabelecimentos do setor agrícola, quantidade vendida de tratores, exportações do agronegócio, bem como as *dummies* utilizadas, e apontou os estados da Bahia, Maranhão, Pará, Piauí e Tocantins como os que possuem maior produção e impacto na região.

Palavras-chaves: setor agrícola; desenvolvimento; mudança técnica; dados em painel.

Abstract: The agricultural sector it is essential to development of the Brazilian economy and has been dynamic in its process of expansion and modernization, being Brazil one of the few countries with the possibility of expanding your agricultural production frontier through incorporating of new areas. This process is still occurring and is concentrated in the North and Northeast regions. Schumpeter considers that the actor able of performing agricultural expansion is the farmer, appearing as the actors able to make the new combinations that result in innovations. Thus, to analyze the expansion of the production frontier of rice, corn and soybeans in the North and Northeast, from 1999 to 2012, it was used an econometric model estimated by panel data technique. The estimated equation verified that 81.95% of the harvested area of rice, corn and soybeans to the north and northeast, are explained by rural credit, Gross Value Added of agriculture, commodity prices, number of employees in the agricultural sector, number of the agricultural sector establishments, quantity sold tractors, agribusiness exports, as well the dummies used, indicated the states of Bahia, Maranhão, Pará, Piauí and Tocantins that hold the higher production and impact in the region.

Keywords: agricultural sector; development; technical change; panel data.

1 Introdução

O setor agrícola possui papel fundamental na economia brasileira, tanto ao cumprir suas funções básicas da agricultura, quanto em contribuir para o crescimento do agronegócio. Para isto, é necessário que o setor tenha capacidade de expandir-se e acompanhar as demandas do setor agroindustrial.

Durante as décadas de 1960 e 1970, o crescimento da produção agrícola ocorreu por meio da incorporação de novas áreas e a introdução de novas tecnologias. Contudo, a partir da década de 1980, esta expansão passou a depender também de investimentos que promovessem a recuperação do solo e utilização de novas máquinas e equipamentos, maior difusão de tecnologias, além de avançar sobre as culturas destinadas ao mercado interno.

O crescimento da produção agrícola acontece por meio da incorporação de novas áreas ou pelo aumento da produtividade de áreas já cultivadas. No primeiro caso, também conhecido como expansão extensiva, há a necessidade do país possuir áreas ainda não utilizadas para agricultura que, frequentemente, tem vegetação nativa. Nesse caso, a elevação da produção ocorre pela incorporação de áreas ao cultivo.

No Brasil, o processo de abertura agrícola esgotou-se em grande parte dos estados, como os das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Porém, nos estados das regiões Norte e Nordeste essa expansão, via incorporação de novas áreas, acentuou-se entre as décadas de 1990 e 2000, avançando sobre as áreas de cerrado e pastagens naturais, sendo que este processo estende-se até o período atual.

Já no segundo caso, aumento de produtividade de áreas já cultivadas, há elevação da produção pelo aumento da produtividade, também chamando de aumento intensivo, pois a produção cresce devido ao aumento de insumos modernos e tecnologia no processo produtivo. Esses aumentos são resultado de maior investimento em capital, pois a relação entre o volume de capital utilizado por hectare é elevada. Isto tem ocorrido, principalmente, onde já se esgotou a possibilidade de abertura de novas áreas agrícolas¹.

1 É importante lembrar que a referida expansão de áreas de cultivo agrícola sobre as áreas de vegetação nativa, segue a regularidade das leis ambientais brasileiras (12.727/2012 e 12.651/2012). Segundo o artigo 12 da Lei 12.651/2012, todo imóvel rural deve manter área de reserva legal de acordo com sua localização e vegetação nativa. Para aqueles imóveis rurais situados na Amazônia Legal em área de floresta a reserva legal

A recente transformação da agricultura no Norte e Nordeste brasileiro tem ocorrido, principalmente, pela incorporação de áreas de pastagens nativas e de cerrados. Entretanto, devido às perspectivas de retorno para a produção das culturas de arroz, milho e soja nas áreas agrícolas do Norte e Nordeste, têm ocorrido também e concomitante com a incorporação das áreas, aumentos intensivos da produção agrícola nesses estados.

Entre 1999 e 2012, os estados com concentração da produção dessas culturas tiveram amplo crescimento de sua área colhida. Para os estados da Bahia, Maranhão, Piauí e Tocantins esse aumento foi, respectivamente, 31,15%, 55,32%, 76,24% e 136,93% (IBGE, 2015a). Já o crédito rural de custeio mostrou um crescimento real mais elevado para estes estados, indicando que houve aumento do investimento por hectare para estas culturas. O crescimento do crédito rural para o mesmo período foi de, respectivamente, 716,18%, 332,96%, 876,19% e 354,14% (BACEN, 2015).

Os estados citados compõem a chamada região MATOPIBA, conhecido como o terceiro momento da expansão da fronteira agrícola de produção do Brasil, abrangendo o período pós 1990. O segundo momento desta expansão ocorreu de 1975 a 1990, com a expansão destas culturas do Sul e Sudeste para o Centro-Oeste brasileiro. O primeiro momento aconteceu de 1960 a 1975, com a introdução e crescimento da produção de soja nos estados do Sul e Sudeste, possuindo como fator elementar para a expansão a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), em 1975 (VIEIRA FILHO, 2014).

É possível perceber que o processo de transformação no setor agrícola para estas culturas é dinâmico e iniciou-se recentemente para os estados do Norte e Nordeste brasileiro. Deste modo, o presente estudo tem por objetivo analisar os determinantes da expansão da fronteira de produção das culturas de arroz, milho e soja no Norte e Nordeste brasileiro, no período de 1999-2012. Para isto foi utilizado um modelo econométrico estimado por meio da técnica de dados em painel.

O artigo está estruturado em cinco seções, incluindo a presente introdução. A segunda seção apresenta o referencial teórico sobre inovação e

é de 80% da propriedade. Já os situados em área de cerrado também na Amazônia Legal, esse percentual passa para 35%. Os localizados em áreas de campos gerais ou em outros estados que não pertencentes à Amazônia Legal o percentual de reserva legal passa para 20% (BRASIL, 2012).

mudança técnica como os principais fatores dinamizadores do setor agrícola. A terceira seção mostra a metodologia utilizada na pesquisa e o modelo de regressão de dados em painel utilizado. A quarta seção demonstra os resultados e discussões. Por fim, as conclusões encerram o estudo.

2 Inovação, mudança técnica e agricultura

Schumpeter (1982) refere-se ao sistema econômico como um processo social indivisível por princípio, sendo que, quando apontados fatos econômicos, estes já são uma abstração do processo por inteiro, o processo social, sendo esta uma cópia mental abstrata da realidade. Contudo, necessária para análise do sistema.

Assim, fato social consiste em qualquer fato do comportamento humano e fato econômico é resultado do comportamento humano dirigido para aquisição de bens e serviços. O chamado fato econômico está vinculado a qualquer aquisição de bens dos indivíduos por meio da troca ou produção de mercadorias.

Isto requer que todos os indivíduos tomem decisões econômicas, pelo menos em parte, dividindo-os em dois grupos. No primeiro grupo, estão aqueles que tomam decisões devido à necessidade intrínseca ao sistema econômico, as necessidades de troca de mercadoria. No segundo grupo, enquadram-se os agentes que tomam as suas decisões devido às atividades econômicas por eles exercidas (SCHUMPETER, 1982).

Definidas as motivações de cunho econômico dos indivíduos nas economias de livre circulação de mercadorias, e supondo um Estado que possibilite a propriedade privada, divisão do trabalho e livre mercado, delinear-se-á os mecanismos econômicos.

Quando referidos os mecanismos econômicos, Schumpeter (1982) expõe a ideia de como ocorre o fluxo circular dos períodos econômicos, sendo este analisado microeconomicamente, no qual, por exemplo, o consumo de um agricultor se dá segundo o seu produto no período anterior. Logo, o agricultor consumirá sua produção do período anterior em um período futuro prevendo todo o seu consumo de acordo com venda de seu produto.

Do mesmo modo como o agricultor procede a sua tomada de decisão, procedem todos os agentes econômicos, pois realizam seu consumo de acordo

com a sua produção no período anterior, sendo eles mesmos consumidores de seu próprio produto em algum momento do fluxo da troca de mercadorias entre os agentes. Desta interação de consumo entre os agentes é que ocorre o chamando fluxo circular da vida econômica.

Assim, é evidente que a finalidade de qualquer ato de produção é, em última análise, diretamente necessária para proporcionar o consumo dos indivíduos, satisfazendo as suas necessidades. O processo apresentado torna claro o motivo da produção de mercadorias para os indivíduos. Também é possível observar que, da forma como demonstrado, o sistema econômico não se modifica por conta própria. Há necessidade de fatores que gerem perturbações ao fluxo circular da vida econômica.

Contudo, é importante lembrar que o processo de produção é complexo, possuindo duas principais vertentes: o problema puramente econômico e o tecnológico da produção. O problema econômico refere-se à capacidade de determinado processo produtivo ser lucrativo. Já o problema tecnológico sempre está à mercê do econômico. Por exemplo, suponha-se determinada tecnologia que possibilite uma maior produção por hora em uma empresa. Ela somente será adotada se proporcionar maior lucro em relação ao custo de adquiri-la e implantá-la. O processo tecnológico está ligado às características físicas do processo de produção. Seu objetivo é resolver o problema sem, em princípio, pensar no lado econômico (SCHUMPETER, 1982).

Portanto, são as forças de interação entre esses dois processos que, geralmente, resultam em inovações e possibilitam o rompimento do fluxo circular da vida econômica. Este fluxo consiste em um sistema de equilíbrio geral da economia em que as relações econômicas ocorrem em condições de crescimento equilibrado, sendo determinadas pelo aumento da população. A renda é distribuída pelo valor de mercado da produtividade marginal dos fatores de produção. A competição elimina o lucro extraordinário. Existe o pleno emprego no mercado de bens, de trabalho e de capitais. A poupança é uma função corrente do nível de renda e o investimento é apenas suficiente para manter o nível de produto constante, dado o aumento da população (SOUZA, 2007).

Dessa forma, pode-se observar que a economia se mantém estagnada. O desenvolvimento econômico somente acontece por meio do rompimento do fluxo

circular. Esse rompimento é definido por Schumpeter (1982, p. 47) como “[...] uma mudança espontânea e descontínua nos canais de fluxo, uma perturbação do equilíbrio, que altera e desloca para sempre o estado de equilíbrio previamente existente”.

Tal mudança estrutural é descontínua e acontece por meio de algum tipo de inovação. Schumpeter (1982) destaca exemplos de inovação, a saber: 1) introdução de um novo produto; 2) introdução de um novo método de produção; 3) abertura de um novo mercado; 4) conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou bens semimanufaturados; e 5) estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, criação de um novo monopólio, ou fragmentação de um antigo.

Posto isto, resta saber qual é o agente econômico responsável e capaz de realizar essas novas combinações eficientemente. Esse agente é chamado pelo autor de empresário. Para Schumpeter (1982), o empresário é responsável por efetivar as novas combinações produtivas, podendo acumular outras funções no decorrer desse processo. O empresário não necessita possuir o capital. Sua qualidade fundamental é a liderança, isto é, a capacidade de previsão e iniciativa e não a propriedade do capital. Também não é a função do empresário descobrir as novas combinações, mas sim adotá-las, colocá-las em prática.

Elucidada a função do empresário, ainda é necessário ater-se a dois outros pontos. O primeiro é que o mundo no qual o empresário vive não é um local de concorrência perfeita, mas sim formado por oligopólios. Isso possibilita a obtenção do lucro extraordinário, isto é, a possibilidade de estabelecer o preço acima do custo marginal na teoria Walrasiana. Este é o verdadeiro incentivo ou recompensa ao empresário schumpeteriano. O segundo ponto é que o empresário necessita de recursos para realizar as novas combinações, sendo assim, ele tem de recorrer ao crédito fornecido pelo capitalista (SOUZA, 2007).

O crédito é uma peça fundamental na criação do desenvolvimento econômico, pois sem ele o empresário não tem acesso aos meios necessários para realizar novas combinações. Assim, volta-se ao estado de equilíbrio, ou melhor, de estagnação, do fluxo circular da vida econômica. Logo, “[...] o desenvolvimento é, em princípio, impossível sem o crédito” (SCHUMPETER, 1982, p. 74).

Desta forma, não é possível que ocorra o processo de desenvolvimento ou de rompimento do fluxo circular de vida econômico de outra maneira sem a necessidade de haver crédito para o empresário, pois em uma economia capitalista não há possibilidade de empréstimo de fatores de produção sem a exigência de contrapartida que remunere de alguma forma o empréstimo (SCHUMPETER, 1982).

De acordo com Schumpeter (1982), a função dos bens é servir para produção pertinente a sua natureza técnica. Já o capital tem a função de servir como um agente de intermediação necessário para realizar o acesso do empresário aos bens de que ele precisa. Enquanto o capital não for aplicado a esse fim, ele não constitui parte diretamente ligada à produção. É possível verificar que o processo de intermediação em que é necessário o capital acontece um período antes do início da produção, etapa chamada de captação de recurso.

A respeito das variadas modalidades de crédito, é necessária uma distinção entre elas. Para Schumpeter (1982), o crédito destinado à manutenção de um fluxo de produção já existente, por exemplo, ou o crédito concedido para que uma empresa possa recuperar-se de falhas no seu fluxo de caixa, não ocasionam o desenvolvimento econômico. Apenas o crédito destinado à implantação de uma nova combinação dos fatores de produção é que gera a quebra do fluxo circular de vida econômica.

Neste contexto, conceder crédito ao empresário é como emitir uma ordem para o sistema econômico, no sentido de criar uma capacidade produtiva adicional. O resultado disso é a transformação de capital líquido em capital fixo ou meios de produção. Ele destaca que o empresário é o típico devedor da sociedade capitalista, pois este necessita de crédito para investir (SCHUMPETER, 1982).

Conforme exposto, percebe-se que o crédito exerce função essencial no sistema econômico. Ele possibilita a criação e transferência do poder de compra de um agente econômico para outro. Em princípio, o acesso do empresário a esse crédito tem por objetivo possibilitar aquisição de bens e serviços necessários à implantação de qualquer sistema de produção de mercadorias. O diferencial reside no fato desse empresário ter a capacidade de realizar uma nova combinação desses fatores. O poder de compra que lhe foi conferido, por si só, não ocasiona uma mudança no fluxo circular em equilíbrio, mas sim a sua capacidade de utilizar o

poder de compra para implementar a produção de mercadorias que possibilitem a obtenção de um lucro extraordinário (SCHUMPETER, 1982).

Os fatores expostos apontam as principais formas que as mudanças ocorrem, os agentes capazes de realizar as novas combinações, as consequências do rompimento do fluxo circular pela mudança e os fatores necessários para que ela ocorra. Contudo, faz-se necessário compreender como o conhecimento destas mudanças acontece em determinado setor da economia, como também, como elas são apropriadas pelos agentes em cada setor.

O conhecimento resultante do processo de inovação pode ser visto como subproduto da busca por novas tecnologias sejam elas bem-sucedidas ou não, pois o acúmulo de conhecimentos correlatos e de variadas técnicas cresce de acordo com experiência do tomador de decisão. Sempre há um aprendizado do agente tomador de decisões com a implantação de novas técnicas, pois este baseia-se na *performance* de técnicas previamente exploradas para tomar as decisões sobre as estratégias futuras (NELSON, 2006).

Assim, o aprendizado acontece na proporção relativa da quantidade de tentativas de criação de novas tecnologias. O crescimento do conhecimento acumulado tende a tornar mais eficiente a construção de novos processos tecnológicos. Nesse sentido, o avanço tecnológico, muitas vezes, não é simplesmente melhor que o processo antigo, mas a sua evolução, ou seja, eles possuem bases correlatas de conhecimento. Dado determinado processo, cada etapa do avanço tecnológico estabelece funções para etapas posteriores (NELSON, 2006).

Uma análise a partir do conhecimento e mudança técnica embate em um modelo de concorrência dinâmica ligado ao progresso técnico. Esse modelo apresenta dois tipos de firmas, as que se esforçam para liderar o processo de inovação, e outras que acompanham o sucesso das líderes por meio da imitação. Certamente as firmas líderes no processo de inovação auferem os denominados lucros extraordinários, pois são as primeiras a possuir o produto ou processo proveniente da inovação. Isto confere um poder de monopólio temporário à empresa detentora da tecnologia inovadora. Esse processo decorre da existência de uma demora até o processo ou produto ser imitado (NELSON; WINTER, 2012).

No que diz respeito à mudança técnica e capacidade de absorção do conhecimento no meio ru-

ral, Vieira Filho e Silveira (2012) demonstram a importância da trajetória tecnológica na agricultura, apontando o caráter dinâmico do setor agrícola e seus encadeamentos por toda cadeia produtiva. Diferentemente do modelo de inovação induzida discutido por Hayami e Ruttan (1988), que aponta o crescimento do setor agrícola como marginal. A inovação, nesse modelo, teria sua efetivação devido ao seu efeito nos preços relativos dos insumos que ajustaria o equilíbrio entre os fatores de produção, elevando a produtividade desses fatores.

O estudo pioneiro de Salles Filho (1993) observa a dinâmica tecnológica da agricultura com enfoque alternativo ao setor agrícola como tomador de preços e mercado consumidor de tecnologias. Neste contexto, a agricultura utiliza tecnologias processadas em outros setores fora da unidade de produção agrícola. Deste modo, as inovações na agricultura seriam resultados de um processo de apropriabilidade destas inovações, sendo este setor geralmente inovador quanto aos processos e não aos produtos. As inovações de produtos ocorreriam nos setores correlatos a fornecedores de bens e insumos à atividade agrícola.

Com isso, o processo de inovação ocorreria pela difusão e adoção dessas tecnologias e por meio de absorção do conhecimento necessário para implantação de tais processos. Os subsídios a essas novas atividades seriam desenvolvidos por firmas que têm suas atividades ligadas a diferentes setores. Contudo, isto não significa a inexistência de interação entre os outros setores e o setor agrícola (VIEIRA FILHO; SILVEIRA, 2012).

Neste sentido, é possível perceber que, mesmo que as inovações ocorram em outros setores produtivos, a mudança ocasionada por determinada inovação terá seus efeitos refletidos no setor agrícola, desde que este setor efetive a nova técnica no processo produtivo. Assim, a mudança técnica possuirá efeitos no campo por meio de sua implantação. Este processo ocorre mais rápido quanto maior for a capacidade do agricultor em assimilar as informações e processos necessários para utilizar o novo processo ou produto.

Dessa forma, verifica-se que assimilar estas informações está contido no agente humano, ou seja, na diferença de nível da capacidade de aprendizagem e conhecimento dos indivíduos envolvidos na atividade. Logo, o fomento dessas habilidades incorre em custos, o chamado investimento em capi-

tal humano. Isto é necessário para que os agricultores estejam aptos a utilizar os modernos fatores de produção agrícola (SCHULTZ, 1965).

Portanto, pode-se observar que o processo de inovação rompe o fluxo circular da vida econômico, permitindo a obtenção de lucro extraordinário. O agente capaz de realizar essas novas combinações é o empresário, lembrando que ele não precisa ser o idealizador da inovação, mas seu implantador. No setor agrícola esse empresário é o agricultor capaz de realizar as novas combinações, pois, conforme é apontado, para realizar esse processo é necessário conhecimento técnico e crédito. O acúmulo de conhecimento pode ser visto como um aumento da capacidade de resposta do agricultor em medir as possibilidades de maiores ganhos caso ele implante a mudança técnica à agricultura.

3 Estratégia empírica

Nos dados em painel, uma unidade de corte transversal, seja uma família, uma empresa ou um estado, é acompanhada ao longo do tempo, isto faz com que os dados em painel possuam uma dimensão espacial e outra temporal (GUJARATI; PORTER, 2011). Segundo Baltagi (2005, p. 1), o termo dados em painel “[...] refers to the pooling of observations on a cross-section of households, countries, firms etc. over several time periods. This can be achieved by surveying a number of households or individual and following them overtime”.

Um painel é chamado de balanceado quando cada unidade de corte transversal possui o mesmo número de observações, ou seja, “[...] the individuals are observed over the entire sample period” (BALTAGI, 2005, p. 165). Caso cada unidade tenha um número diferente de observações, o painel é desbalanceado. Os painéis ainda podem ser classificados em curtos e longos. Em um painel curto, o número de microunidades do corte transversal, N , é maior que o número de períodos de tempo, T . Já em um painel longo, T é maior que N (GUJARATI; PORTER, 2011).

A técnica de estimação adequada é escolhida de acordo com a classificação do painel em curto ou longo. A estimação pode ser feita pelo modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para dados empilhados (*pooled data*), pelo modelo de efeitos fixos (MEF), e pelo modelo de efeitos aleatórios (MEA) (GUJARATI; PORTER, 2011).

A regressão de MQO para dados empilhados (*pooled regression*) consiste em um estimador simples que se baseia no comportamento uniforme de todos os indivíduos e ao longo do tempo e na homogeneidade das observações. O modelo é estimado ao aplicar o método dos MQO à amostra longitudinal (MARQUES, 2000). Assim, estima-se “[...] uma regressão “grande”, desprezando a natureza de corte transversal e de séries temporais de nossos dados” (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 589). Devido a este procedimento, o modelo possui um grave erro de especificação e viés ao desconsiderar a heterogeneidade existente nos dados (MARQUES, 2000).

No modelo de efeitos fixos (MEF), o intercepto pode diferir entre os indivíduos, pois cada unidade ou corte transversal pode possuir características especiais. Entretanto, a expressão “efeitos fixos” indica que o intercepto de cada indivíduo não se altera com o tempo. Isto significa que cada unidade ou corte transversal possui seu próprio valor fixo de intercepto. Além disso, o modelo pressupõe que os coeficientes angulares dos regressores não variam entre os indivíduos e ao longo do tempo. O modelo é adequado quando o intercepto do indivíduo pode estar correlacionado a um ou mais regressores (GUJARATI; PORTER, 2011).

No modelo de efeitos aleatórios (MEA) ou modelo de componente de erros (MCE), é suposto que o intercepto de uma unidade individual seja extraído aleatoriamente de uma população maior com um valor médio constante. O intercepto comum representa o valor médio dos interceptos de corte transversal e o componente de erro representa o desvio aleatório do intercepto individual desse valor médio. Este modelo é adequado quando o intercepto de cada unidade de corte transversal não é correlacionado com os regressores (GUJARATI, 2006; GUJARATI; PORTER, 2011).

Para determinar qual modelo é o mais adequado, foram utilizados os seguintes testes: o teste F de Chow, o teste de Hausman e o teste do multiplicador de Lagrange de Breusch e Pagan ou teste LM de Breusch-Pagan.

O teste F de Chow verifica a melhor alternativa entre o modelo *pooled* e o modelo de efeitos fixos. Por meio deste teste, é observado se os parâmetros do modelo são estáveis durante o período analisado. Caso exista uma quebra estrutural, o modelo de efeitos fixos é preferível ao modelo *pooled*. Assim,

o teste possui a hipótese nula de que o intercepto é o mesmo para todas as unidades individuais, ou seja, de que o modelo *pooled* é preferível ao modelo de efeitos fixos. Se a hipótese nula for rejeitada, o modelo de efeitos fixos é mais adequado (NASCI-MENTO, 2012; MURCIA et al, 2011).

A respeito do teste de Hausman (1978), foi desenvolvido para auxiliar na escolha entre o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios. A hipótese nula do teste é de que os estimadores do modelo de efeitos fixos e do modelo de efeitos aleatórios não diferem substancialmente. Se a hipótese nula for rejeitada, o modelo de efeitos aleatórios não é adequado, pois, provavelmente, os efeitos aleatórios estão correlacionados com um ou mais

regressores. Assim, caso a hipótese nula for rejeitada, o modelo de efeitos fixos é preferível ao de efeitos aleatórios (GUJARATI, 2006; GUJARATI; PORTER, 2011).

Já o multiplicador de Lagrange de Breusch e Pagan é utilizado para escolha da melhor estimativa entre o modelo *pooled* e o modelo de efeitos aleatórios. A hipótese nula do teste é de que o modelo *pooled* é mais adequado. Caso não seja rejeitada a hipótese nula, o modelo de efeitos aleatórios não é adequado (GUJARATI; PORTER, 2011). O Quadro 1 sintetiza a escolha do modelo mais adequado a ser analisado.

Quadro 1 – Regra de decisão para escolha do modelo econométrico adotado

Tipo de teste	Resultado do teste	
	Significativo	Não significativo
Teste F de Chow	É preferível o modelo de efeito fixo	É preferível o modelo <i>Pooled</i>
Teste de Breusch e Pagan (Multiplicador de Lagrange)	É preferível o modelo de efeito aleatório	É preferível o modelo <i>Pooled</i>
Teste de Hausman	É preferível o modelo de efeito aleatório	É preferível o modelo de efeito fixo

Fonte: Adaptado de Prates e Serra (2009, p. 106).

Os modelos de regressão com dados em painel apresentam problemas de estimação e de inferência. Ao combinarem cortes transversais e séries temporais, os problemas que afetam os dados de corte transversal, como a heterocedasticidade, e as séries temporais, como a não estacionariedade e a autocorrelação, precisam ser corrigidos (GUJARATI, 2006).

Uma série temporal é estacionária quando sua média, variância e covariância não se alteram ao longo do tempo. Caso contrário, a série é não estacionária (GUJARATI, 2006). Para verificar a estacionariedade ou a não estacionariedade da série foi utilizado o teste de raiz unitária de Im, Pesaran e Shin (IPS), cuja “[...] null hypothesis is that each series in the panel contains a unit root [...] and the alternative hypothesis allows for some (but not all) of the individual series to have unit roots” (BALTAGI, 2005, p. 242).

Os termos de erro u_{it} da regressão devem ser homocedásticos, ou seja, possuir a mesma variância (GUJARATI, 2006). Para detectar a existência de heterocedasticidade foi utilizado o teste Breusch-Pagan, o qual possui a hipótese nula de homocedasticidade.

Outro problema de estimação é a autocorrelação, que corresponde a “[...] correlação entre integrantes de séries de observações ordenadas no tempo [como as séries temporais] ou no espaço [como nos dados de corte transversal]” (GUJARATI, 2006, p. 358). O teste de Wooldridge foi utilizado para verificar a presença de autocorrelação. Este teste tem como hipótese nula a ausência de autocorrelação.

Assim, para atingir os objetivos propostos no artigo e com base nos pressupostos teóricos econométricos, estimou-se uma regressão econométrica pela técnica de dados em painel, por meio do *Software Stata 12*. A equação estimada pode ser especificada da seguinte forma, adotando-se a forma logarítmica nas variáveis dependentes e independentes:

$$\ln Ar_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Cr_{it} + \beta_2 \ln Vb_{it} + \beta_3 \ln P_{it} + \beta_4 \ln Nt_{it} + \beta_5 \ln Ne_{it} + \beta_6 \ln Tr_{it} + \beta_7 \ln Ex_{it} + \beta_8 Ba_i + \beta_9 Ma_i + \beta_{10} Pa_i + \beta_{11} Pi_i + \beta_{12} To_i + u_{it} \quad (1)$$

Em que:

Ar_{it} é a área agrícola colhida no estado i ;

Cr_{it} é o crédito rural demandado pela agricultura do estado i ;

Vb_{it} é o Valor Adicionado Bruto da produção agropecuária do estado i ;

P_{it} é o preço das *commodities*;

Nt_{it} é o número de empregados no setor agrícola do estado i ;

Ne_{it} é o número de estabelecimentos no setor agrícola do estado i ;

Tr_{it} é a quantidade vendida de tratores no estado i ;

Ex_{it} é o valor monetário das exportações do agronegócio do estado i ;

Ba_i é uma variável *dummy* que possui valor 1 para a Bahia e 0 para os demais estados;

Ma_i é uma variável *dummy* que possui valor 1 para o Maranhão e 0 para os demais estados;

Pa_i é uma variável *dummy* que possui valor 1 para o Pará e 0 para os demais estados;

Pi_i é uma variável *dummy* que possui valor 1 para o Piauí e 0 para os demais estados;

To_i é uma variável *dummy* que possui valor 1 para o Tocantins e 0 para os demais estados;

β_0 a β_{12} são parâmetros cuja expectativa é que apresentem sinal positivo, e;

u_{it} é o erro.

Na equação econométrica foram utilizados todos os estados do Norte e Nordeste, exceto o Amapá e Amazonas². Já os dados para a variável Valor Adicionado Bruto (VAB) da produção agropecuária e a área agrícola colhida foram coletados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O crédito rural de custeio foi obtido dos Anuários Estatísticos de Crédito Rural do Banco Central do Brasil (Bacen), enquanto a variável preço das *commodities* foi coletada da *United Nations Conference on Trade and Development* (Unctad).

As variáveis número de empregados e número de estabelecimentos do setor agrícola foram coletados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). A quantidade vendida de tratores para os estados do Norte e Nordeste foi obtida junto

2 Os estados do Amapá e Amazonas não foram usados, pois apresentam descontinuidade de dados para algumas variáveis entre 1999 e 2012.

à Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea). Já as exportações do agronegócio foram retiradas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) pelo sistema de Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro (Agrostat).

As variáveis monetárias foram atualizadas para preços correntes de 2012, por meio da correção monetária sem juros pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI)³. Já os preços das *commodities* foram corrigidos pelo índice de preços ao consumidor (IPC) dos Estados Unidos e convertidos em Reais pela taxa de câmbio média anual, obtida do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipeadata).

A metodologia utilizada para obter o crédito rural foi a somatória do volume total de crédito rural destinado ao custeio, para cada estado das culturas arroz, milho e soja. A variável área colhida foi obtida somando-se a área de lavouras temporárias das culturas de arroz, milho e soja. Este procedimento foi realizado, pois estas culturas são produzidas simultaneamente no mesmo período.

Já as variáveis de número de empregados e número de estabelecimentos do setor agrícola foram obtidas junto a RAIS. Contudo, para ajustar o impacto, dessas culturas, sobre o fomento de empregos e estabelecimentos rurais diretamente ligados às atividades relacionadas à expansão do cultivo das culturas de arroz, milho e soja foram usadas apenas as atividades classificadas como correlatas a estas culturas⁴.

4 Resultados e discussões

4.1 Resultado do modelo econométrico

Este estudo buscou evidenciar os determinantes da expansão da fronteira de produção das cul-

3 A correção monetária consiste na “[...] reposição da inflação aos valores. Em outras palavras, a correção monetária é a atualização dos valores monetários, para manter o poder de compra do dinheiro” (BAUER, 2003, p. 71).

4 Para definir as classes utilizadas tomou-se por base a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) disponíveis para consulta na RAIS (CNAE 2.0). As classes selecionadas foram: o cultivo de cereais (01113), o cultivo de soja (01156), atividades de apoio à agricultura (01610), atividades de pós-colheita (01636) e atividades paisagísticas (81303). No período analisado, necessitou-se usar duas classificações da CNAE, pois houve uma modificação na forma pela qual a CNAE classificava as atividades econômicas em 2006. Dessa forma, para os anos de 1999 a 2005 utilizou-se a CNAE 1.0, e para os anos de 2006 a 2012 a CNAE 2.0.

turas de arroz, milho e soja no Norte e Nordeste brasileiro de 1999 a 2012. Para tal estimou-se uma equação econométrica por meio da técnica de dados em painel. Com a intenção de definir o melhor modelo, foram estimados três modelos, a saber: o modelo *pooled*, o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios. Posteriormente, foram efetuados os testes de Chow, Hausman e LM de Breusch-Pagan para adequar o modelo.

O teste de Chow, que compara o modelo *pooled* e o modelo de efeitos fixos, mostrou que o de efeitos fixos é preferível ao *pooled*. Já o teste de Hausman apresentou o valor de 5,33 para a estatística qui-quadrado. Sendo assim, aceita-se a hipótese nula do modelo verificando que o modelo de efeitos aleatórios é preferível ao modelo de efeitos fixos. Para confirmar este resultado foi realizado o teste de LM de Breusch-Pagan. Ele também se mostrou significativo, exibindo o valor de 132,92, e evidenciando que o modelo de efeitos aleatórios é preferível ao modelo *pooled*. Assim, os testes indicaram que o modelo de efeitos aleatórios é melhor em relação aos modelos *pooled* e de efeitos fixos.

Foi realizado também o teste de raiz unitária de Im, Pesaran e Shin (IPS) para todas as variáveis. Ele mostra se a série de dados é estacionária ou não estacionária, possuindo como hipótese nula que cada série no painel contém uma raiz unitária e, como hipótese alternativa, permite que algumas (mas não todas) séries possuam raízes unitárias (BALTAGI, 2005). Assim, depois de efetuados os testes, todas as séries foram consideradas estacionárias, exceto o preço das *commodities*. Esta variável passou a ser estacionária apenas após realizado o cálculo de primeira diferença. Contudo, quando testado em conjunto, a equação utilizada foi identificada como estacionária.

Após verificar a estacionariedade da série e definir o melhor modelo a ser usado, realizaram-se os testes para detectar a presença de heterocedasticidade e autocorrelação. O teste Breusch-Pagan rejeitou a hipótese nula de variância constante, mostrando a presença de heterocedasticidade. Já o teste de Wooldridge não indicou a presença de autocorrelação, sendo assim, aceitou-se a hipótese nula de ausência de autocorrelação de primeira ordem. Destarte, o modelo de efeitos aleatórios foi estimado com correção de heterocedasticidade. A Tabela 1 apresenta as equações estimadas, bem como os testes usados para definir o melhor

modelo e para detectar a heterocedasticidade e autocorrelação.

Os resultados mostram que, de acordo com o modelo de efeitos aleatórios com correção de heterocedasticidade, as variáveis independentes explicam, no geral, 81,95% da variável dependente. Já entre as unidades (*R-sqbetween*) o ajuste do modelo foi de 88,78%, e para o valor das unidades (*R-sqwithin*) o ajuste foi de 19,47%. Assim, o crédito rural de custeio⁵, o VAB da produção agropecuária, o preço das *commodities*, o número de empregados no setor agrícola, o número de estabelecimentos do setor agrícola, a quantidade vendida de tratores, as exportações do agronegócio e as *dummies* Bahia, Maranhão, Pará, Piauí e Tocantins explicam 81,85% da área colhida de arroz, milho e soja no Norte e Nordeste brasileiro entre 2000 e 2012.

O coeficiente encontrado para a variável crédito rural de custeio foi estatisticamente significativo e apresentou sinal positivo esperado. De acordo com ele, um crescimento de 1% do crédito rural de custeio faz com que a área colhida das culturas analisadas aumente em 0,1157%. Já o VAB da produção agropecuária também apresentou o sinal positivo e foi estatisticamente significativo. Ele demonstrou que quando ocorre um incremento de 1% do VAB da produção agropecuária há um crescimento de 0,5598% da área colhida das culturas de arroz, milho e soja no Norte e Nordeste do Brasil.

A variável preço das *commodities* não foi estatisticamente significativo, ao nível de 5% de significância, e mostrou um sinal negativo diferente do esperado. Esse resultado indica que o preço das *commodities* não tem influenciado diretamente a expansão da área colhida. Isso pode estar relacionado ao nível de agregação do próprio índice utilizado como referência para o preço das culturas analisadas. Tal índice é um preço médio cotado em dólar das principais *commodities*.

5 Para realizar os cálculos da regressão, a série de dados do crédito rural foi adiantada em um período ($t+1$), pois o crédito rural é captado em um ano (t) e afeta a área colhida no ano seguinte ($t+1$). Sendo assim, o crédito obtido no ano 2000, por exemplo, ocasionará efeitos sobre a safra de 2001. Isto acontece devido à divergência entre o período de captação de recursos financeiros e a colheita dessas culturas.

Tabela 1 – Equação estimada para a área colhida das culturas arroz, milho e soja estados do Norte e Nordeste de 2000 a 2012

Variáveis ¹	Regressão Pooled	Efeitos Fixos (EF)	Efeitos Aleatórios (EA)	EA com correção de heterocedasticidade
Constante	-2,325267 (1,29387)	2,340197 (2,12078)	1,064667 (1,87743)	1,064667 (1,492356)
Crédito rural	0,159303* (0,028743)	0,112209* (0,047182)	0,115750* (0,041795)	0,115750* (0,030068)
Valor adicionado bruto	0,814676* (0,102357)	0,486495* (0,154980)	0,559854* (0,142436)	0,55985* (0,1076938)
Preço	-0,191264 (0,134226)	-0,010591 (0,135673)	-0,060171 (0,128722)	-0,060171 (0,172395)
Número de empregados	0,422951* (0,099750)	0,163624 (0,09290)	0,167047 (0,091106)	0,167047* (0,033531)
Número de estabelecimentos	0,046172 (0,109116)	-0,099197 (0,169268)	-0,0484693 (0,156275)	-0,048469 (0,068774)
Quantidade vendida de tratores	-0,109936 (0,066473)	-0,089319 (0,060882)	-0,086457 (0,059869)	-0,086457 (0,078223)
Exportações	-0,051370 (0,054207)	0,122323 (0,072619)	0,108703 (0,067915)	0,108703* (0,047436)
Dummy Bahia	-0,315674 (0,251430)	-	0,698496 (0,696816)	0,698496* (0,339467)
Dummy Maranhão	0,315790 (0,209592)	-	1,064955 (0,651796)	1,064955* (0,275773)
Dummy Pará	-0,429276 (0,293230)	-	0,100919 (0,656453)	0,100919 (0,268958)
Dummy Piauí	0,969449* (0,185735)	-	1,365649* (0,620157)	1,365649* (0,211350)
Dummy Tocantins	0,338329 (0,196910)	-	0,841402 (0,638135)	0,841402* (0,250636)
Observações	182	182	182	182
Grupos	14	14	14	14
Períodos	13	13	13	13
R-Squared	0,8471	-	-	-
Adj R-squared	0,8362	-	-	-
R-sqwithin	-	0,1958	0,1947	0,1947
R-sqbetween	-	0,7886	0,8878	0,8878
R-sq overall	-	0,7253	0,8195	0,8195
Teste F	78,00	5,60	-	-
Teste de Hausman	-	5,33	-	-
Teste LM de Breusch-Pagan	132,92	-	-	-
Teste de Chow	-	18,72	-	-
Teste de heterocedasticidade	-	-	29,49	-
Teste de autocorrelação	-	-	1,682	-

Fonte: Elaborada pelos autores com os resultados da pesquisa.

* Significativo ao nível de 5% de significância.

Nota: ¹Os valores entre parênteses correspondem aos erros padrão. Todas as variáveis estão expressas em logaritmo natural. A variável dependente corresponde à área colhida das culturas de arroz, milho e soja.

O número de empregados no setor agrícola foi estatisticamente significativo e exibiu o sinal positivo adequado. Dessa forma, quando há uma elevação de 1% no número de empregados, a área colhida das culturas observadas aumenta em 0,167%, comprovando a necessidade do setor agrícola em possuir disponibilidade de oferta de mão de obra.

A variável número de estabelecimentos não foi estatisticamente significativa e apresentou um sinal contrário ao esperado. Contudo, o número de estabelecimentos elevou-se praticamente em todos os estados. Esse comportamento é diferente das outras variáveis que se revelaram estatisticamente significativas.

É possível que tenha ocorrido um fomento dos estabelecimentos do setor agrícola relacionados aos serviços demandados pelas culturas de arroz, milho e soja. A expansão desses serviços ocorreu na maioria dos estados analisados, o que pode ter provocado um efeito de transbordamento (*spillover*) dos estados produtores para os estados vizinhos, sendo assim, é pouco provável que o modelo estimado consiga captar este tipo de variação.

A quantidade de tratores⁶ vendida também mostrou sinal negativo e foi estatisticamente insignificante. Logo, esta variável não demonstrou influência no aumento da área colhida. Entretanto, observando os dados, percebe-se que há uma elevação no número de tratores vendidos para a maioria dos estados examinados.

Esta variável abrange o total da venda de tratores para todas as atividades agrícolas, independente se eles serão utilizados em áreas de pastagens ou de outras culturas. Devido a isso, o aumento de vendas de tratores pode estar relacionado à expansão total da agropecuária para Norte e Nordeste, e não apenas as áreas cultivadas com as culturas estudadas.

Também é importante apontar que esse tipo de maquinário pode ser contratado apenas para realizar a demanda de um determinado serviço, como é comum ocorrer com as colheitadeiras. Assim, estes maquinários contratados podem ser de estados vizinhos ou outros estados, dificultando a análise da

quantidade total de máquinas agrícolas por estado. Outro problema é que estes maquinários podem ser adquiridos de outros estados e transportados para a área produtiva, dependendo do preço, pois parte dos produtores estabelecidos nestas regiões vieram do Sul, Sudeste e Centro-oeste.

As exportações do agronegócio foram estatisticamente significativas e apresentaram o sinal positivo esperado. O coeficiente da variável demonstra que, quando as exportações do agronegócio elevam-se em 1%, a área colhida das culturas estudadas aumenta em 0,1087%. É possível verificar que o aumento da demanda por exportações do agronegócio tem impacto direto na expansão da área colhida destas culturas.

Além dessas variáveis, sabe-se também que o preço da terra no Norte e Nordeste poderia proporcionar efeitos importantes na expansão das áreas colhidas destas culturas. Lemos (2015) aponta que o preço da terra foi um dos atrativos tanto para expansão do cultivo da soja quanto na atração de produtores das regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste para o estado do Maranhão. Porém, devido à indisponibilidade de uma série de dados para o preço da terra, que abordasse o período estudado para todos os estados, não foi possível utilizar esta variável.

Já as *dummies* foram incluídas no modelo para captar o impacto dos principais estados produtores das culturas de arroz, milho e soja no total da área colhida dessas culturas para o Norte e Nordeste brasileiro. Com exceção do estado do Pará, todas as outras foram estatisticamente significativas. Os coeficientes das *dummies*⁷ Bahia, Maranhão, Piauí e Tocantins, revelaram que, entre 2000 e 2012, a área colhida destas culturas aumentaram, respectivamente, 101,07%, 190,07%, 291,82% e 131,93%.

A elevada representatividade constatada nestes estados deixa clara a importância da região na expansão da produção de soja e milho para o Norte e Nordeste, pois concentra-se nela grande parte da produção das culturas de algodão, milho e soja. A região é objeto de estudo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), possuindo a finalidade de evidenciar as características físicas e edafoclimáticas do MATOPIBA (MINGOTI et al, 2014).

6 A quantidade de tratores vendidos foi usada com intuito de medir a tecnologia empregada no campo. Todavia, grande parte da tecnologia aplicada ao agronegócio está contida nos processos de produção, bem como no uso de insumos agrícolas modernos (biotecnologia, fertilizantes químicos e defensivos agrícolas), cujas séries não foram incluídas devido à ausência de dados compatíveis com o período usado no modelo econométrico.

7 “[...] em modelos do tipo $\ln Y_i = \beta_1 + \beta_2 D_i$, a variação relativa de Y (isto é, sua semi-elasticidade) em relação ao regressor binário que assume valores 1 ou 0 pode ser obtida por (antilogaritmo do β_2 estimado) - 1 vezes 100, isto é, por $(e^{\beta_2} - 1) \times 100$ ” (GUJARATI, 2006, p. 270). Assim, por exemplo, a semi-elasticidade da área colhida em relação à *dummy* Bahia pode ser calculada da seguinte forma $(e^{0,698496} - 1) \times 100 = 101,7\%$.

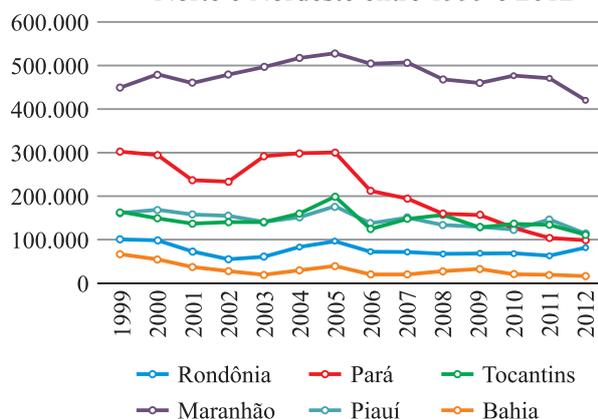
O estado do Pará foi utilizado como *dummy*, pois ele figurou entre os maiores produtores dessas culturas na região Norte durante os anos estudados. Todavia, a área colhida dele reduziu-se no período analisado, mas não ocorreu para todas as culturas. Para esse estado, as culturas de arroz e milho mostraram significava queda. Já a cultura da soja apresentou elevação. Como estas áreas foram somadas, a queda na área de arroz (202.005 ha) e milho (183.890 ha) foi superior ao aumento na área de soja (118.441 ha).

4.2 Análise descritiva

Para demonstrar a variação da área colhida do arroz, milho e soja, foi elaborado um gráfico para cada cultura com os principais estados produtores no Norte e Nordeste. Deste modo, o Gráfico 1 apresenta a área colhida em hectares de arroz para os principais produtores de cereais das regiões estudadas entre 1999 e 2012.

No Gráfico 1 é possível observar que todos os principais produtores de arroz reduziram sua área colhida. Pode-se dividir o Gráfico 1 em dois períodos: o primeiro, entre 1999 e 2005, no qual a série apresenta estabilidade mostrando pouca variação; e o segundo, entre 2005 e 2012, quando a área colhida inicia uma tendência de queda para todos os estados. Destacam-se os estados do Pará, Tocantins, Piauí e Maranhão que possuem comportamento similar. Eles exibem, respectivamente, as maiores quedas a partir de 2005.

Gráfico 1 – Área colhida de arroz para os principais estados produtores de cereais do Norte e Nordeste entre 1999 e 2012



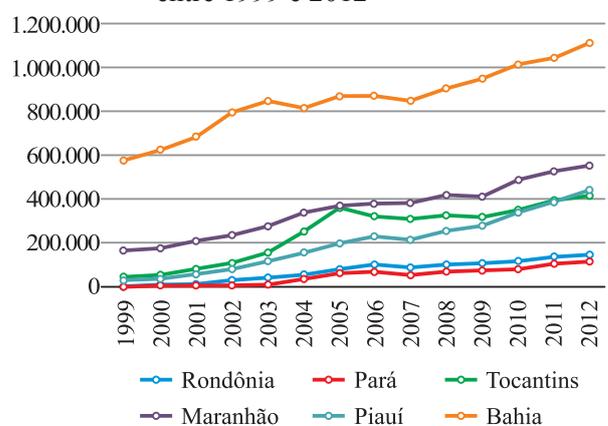
Fonte: IBGE (2015a).

O comportamento da área colhida de soja para esses estado é basicamente o oposto da área colhida de arroz, sinalizando que, possivelmente, houve uma substituição de área de arroz pela área de soja.

O Gráfico 2 apresenta evolução da área colhida de soja para os estados do Norte e Nordeste entre 1999 e 2012, em hectares.

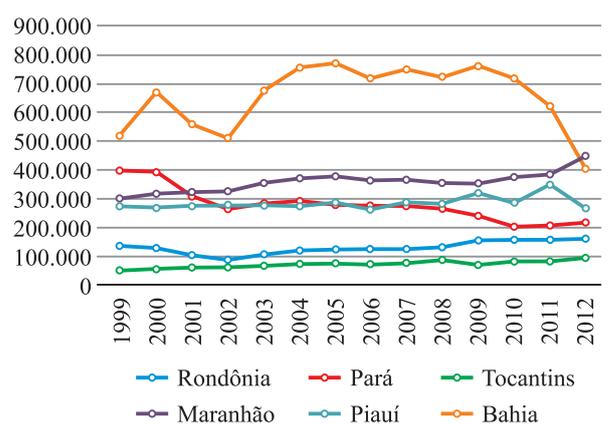
No Gráfico 2, pode-se verificar que todos os estados possuem um comportamento semelhante. O estado com a maior produção de soja é a Bahia, que manteve seu grau de importância no período analisado. O segundo maior produtor é o Maranhão, que também acompanhou a expansão. É importante destacar que esses dois estados já possuíam uma área significativa dessa cultura, enquanto os outros estados começam sua expansão em 1999.

Gráfico 2 – Área colhida de soja para os principais estado produtores do Norte e Nordeste entre 1999 e 2012



Fonte: IBGE (2015a).

Gráfico 3 – Área colhida de milho para os principais estado produtores do Norte e Nordeste entre 1999 e 2012



Fonte: IBGE (2015a).

Isto evidencia que o processo de expansão agrícola para estes estados foi iniciado no final da década de 1990, possuindo a soja como cultura principal. A surpresa são os estados de Rondônia e Pará, que não fazem parte do MATOPIBA, mas apresentam comportamento semelhante. O processo de expansão agrícola para esses dois estados

inicia-se nas décadas de 1970 e 1980, possuindo a pecuária como principal atividade. Assim, nas últimas décadas estes estados começam a diversificar suas atividades agrícolas. Por último, analisar-se-á a área colhida do milho. O Gráfico 3 mostra a variação da área colhida de milho para os estados do Norte e Nordeste de 1999 a 2012, em hectares.

É possível observar que a área colhida de milho se manteve estável no período de análise. Os estados do Tocantins, Rondônia, Maranhão apresentaram singelas elevações em suas áreas de milho. Piauí demonstrou uma série estável, somente nos anos de 2010 a 2012 ocorreu alguma volatilidade, enquanto o Pará mostrou uma queda acentuada nos anos estudados.

Para entender como tem ocorrido a evolução das áreas de lavouras, sejam permanentes ou temporárias, sobre as áreas de pastagens ou matas naturais, foi elaborado o Gráfico 4, a partir dos dados do censo agropecuário 1995/96 e 2006. Ele expõe os valores em hectares da participação representativa das áreas ocupadas com lavouras permanentes⁸, lavouras temporárias, pastagens naturais, pastagens plantadas, matas naturais e matas plantadas (IBGE, 2006).

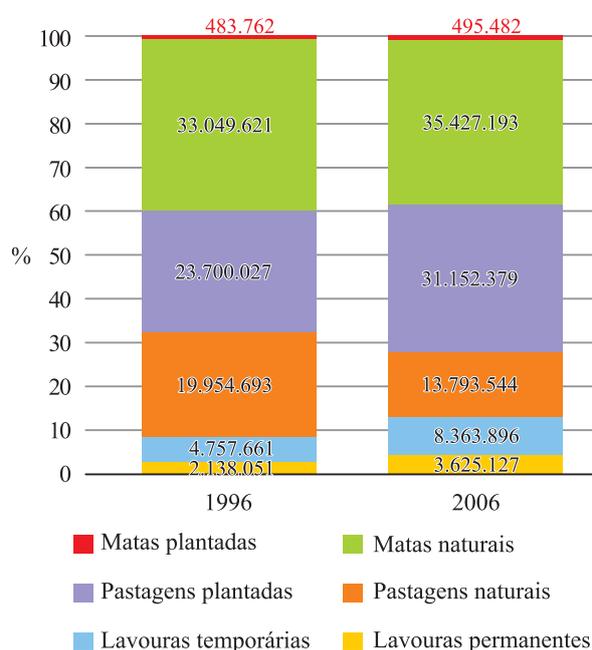
No Gráfico 4, foram utilizadas as áreas dos estados de Rondônia, Pará, Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia. Elas foram usadas, pois a soma das áreas colhidas de arroz, milho e soja desses estados representavam 77% do total de lavouras temporárias das regiões Norte e Nordeste em 2006. Os dados demonstram que o expressivo aumento de lavouras temporárias ocorreu, principalmente, sobre as áreas de pastagens naturais, sendo que nessas estão contidas as áreas de cerrados (IBGE, 2006).

Portanto, pode-se concluir que a elevação das áreas de cultivo de milho e soja no Norte e Nordeste vem ocorrendo sobre as áreas de cerrado e pastagens naturais. Estas últimas, geralmente, são áreas onde não houve investimento em correção

do solo, indicando que se trata de pastagens nativas ou degradadas.

É possível observar também que a cultura do arroz foi utilizada em áreas de aberturas como primeira e segunda safra, sejam em áreas de pastagens degradadas ou cerrados. Isso ocorre por dois principais fatores. Primeiro, o arroz é resistente ao alto teor de alumínio encontrado neste tipo de solo, permitindo uma boa produtividade sem necessidade de correção parcial ou total do solo, o que não é possível para as culturas de milho e soja.

Gráfico 4 – Participação da utilização do solo dos principais produtores de cereais do Norte e Nordeste de 1996 e 2006



Fonte: IBGE (2015c).

Segundo, o custo monetário dessa correção é alto, sendo isto um dos componentes da restrição orçamentária do produtor, limitando, assim, a área plantada. Para correção dessa deficiência do solo no cerrado é necessário realizar a incorporação de aproximadamente 6 a 9 toneladas de calcário no solo por hectare, sendo esta quantidade variável, dependendo da composição do solo. Somente após esse procedimento é possível produzir soja e milho⁹.

Conforme exposto, é comum ocorrer esse procedimento, pois para o cultivo do arroz não é necessá-

⁸ Esta classificação é usada pelo IBGE (2006) para fazer a equivalência entre as metodologias censitárias. Neste sentido, sabe-se que a área de lavouras temporárias já contém as áreas em descanso, áreas de cultivos de forrageias para corte, áreas de cultivo de flores e viveiros de mudas. As áreas de pastagens naturais englobam as áreas de mato ralo, caatinga, cerrado, capoeirão etc., aproveitadas para pastoreio animais e áreas com espécies florestais variadas usadas para lavoura e criação de animais. As áreas de pastagens plantadas envolvem as áreas de pastagens degradadas e áreas em boas condições. A área de matas naturais abrange as matas e florestas naturais mais as áreas de reserva legal e preservação permanente.

⁹ Isto também comprova que a expansão dessas culturas não tem ocorrido sobre áreas de florestas, pois este tipo de vegetação não permite o plantio dessas culturas em um período curto de tempo como vem ocorrendo no Norte e Nordeste. Em uma vegetação densa de floresta seria necessário três ou quatro anos para a expansão, bem como, teria um custo maior, o que muitas vezes inviabiliza o próprio processo de abertura.

rio o investimento inicial em calcário. Sendo assim, o agricultor pode apenas semear o arroz ou realizar metade do investimento em calcário (3 a 4,5 t/ha), diluindo seu custo inicial na recuperação do solo. Com esta prática, é possível expandir a produção de arroz de imediato após a abertura, e a soja em um ano, no máximo em dois anos.

Contudo, conforme indicado, a expansão dessas culturas não ultrapassou o permitido por lei. Pelo contrário, é nítido que as áreas de matas nativas e plantadas permaneceram entre os 40% da área total, respeitando assim o percentual legal estipulado para reserva no bioma do cerrado. Também é notável uma grande ampliação da área de pastagens plantadas no período estudado.

Isto aconteceu, principalmente, para os estados de Rondônia e Pará, que são mais propícios à pecuária, possuindo histórico nessa atividade e as maiores áreas de pastagens da região de análise. Assim, constatou-se que os avanços, tanto das lavouras temporárias quanto das pastagens plantadas, ocorreram em áreas de pastagens nativas e cerrados.

Conclusão

A expansão da fronteira agrícola das culturas de arroz, milho e soja para o Norte e Nordeste brasileiro proporcionou a abertura de um novo mercado, uma vez que as relações mercadológicas onde estas culturas se expandiram ainda eram incipientes. Isto é verificado quando se observa o modelo econométrico utilizado, pois as variáveis número de empregados do setor agrícola e VAB da produção agropecuária foram estatisticamente significativas, evidenciando o incremento de renda derivados da atividade agrícola.

Neste sentido, é possível perceber que a expansão do cultivo das culturas de arroz, milho e soja para o Norte e Nordeste tem ocorrido determinante em áreas de cerrados ou pastagens degradadas, onde foi utilizado o arroz como cultura inicial para a transformação destas áreas de cultivo. Isto é verificado quando se observa as áreas colhidas de arroz dos principais produtores no Norte e Nordeste apresentaram queda, enquanto que as áreas de colhidas de soja dos principais produtores exibiram elevações vertiginosas no mesmo período.

Além de abertura de um novo mercado, foi constatado que a modificação do uso do solo nos estados do Pará, Rondônia e os pertencentes à região do MATOPIBA, configuram a conquista de

uma nova fonte de matérias-primas, uma vez que os produtos destas culturas são utilizados como insumos para a agroindústria. O aumento da oferta desses cereais, enquanto matérias-primas, proporcionará o fomento de atividades agroindustriais para o processamento, distribuição e comercialização destes cereais, bem como impulsionará toda a cadeia de insumos agroindustriais necessários à sua produção, principalmente relativos às culturas de milho e soja.

O agente capaz de iniciar este processo de abertura foi o agricultor que figura como o empresário inovador, sendo o responsável por realizar as novas combinações, sendo esta uma inovação na aplicação do processo produtivo. Outros dois fatores indissociáveis neste processo foram o conhecimento técnico e a capacidade de aprendizagem. Eles foram fundamentais para efetivar a mudança técnica. Neste caso, percebe-se que tanto as técnicas quanto o processo já eram conhecidos, porém, até o final dos anos de 1990, a expansão não havia acontecido, mesmo existindo pessoal ocupado com a atividade agrícola nessas regiões.

Isto revela que um dos determinantes para a expansão foi a migração de agricultores que possuíam o conhecimento técnico necessário para implantar a mudança técnica nestas regiões. Eles também detinham experiência e capacidade de se adaptar às peculiaridades daquela região, bem como a aptidão para recorrer aos insumos modernos adequados para viabilizar a produção nessas áreas. Em sua maioria, esses agricultores são oriundos das regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste. A confluência das características de empresário com o conhecimento técnico e prático, o chamado capital humano, foram de suma importância para a referida expansão agrícola no Norte e Nordeste.

Sobre o crédito rural de custeio, é necessário ressaltar sua função como variável determinante no processo de expansão agrícola estudado. Quando observado esta variável em conjunto com a área colhida percebe-se que, além do aumento de área cultivada, houve um crescimento da produtividade por meio do aumento do capital investido por hectare, ou seja, a expansão ocorre também via aumentos intensivos.

Já as *dummies* utilizadas comprovaram que os estados da Bahia, Maranhão, Piauí e Tocantins são os maiores produtores das culturas de arroz, milho e soja para o Norte e Nordeste brasileiro, revelan-

do que, entre 2000 e 2012, a área colhida dessas culturas aumentaram, respectivamente, 101,07%, 190,07%, 291,82% e 131,93%. Somente o Pará não se mostrou significativo, porém, conforme apontado, houve uma redução maior das áreas de arroz e milho do que o aumento da área de soja.

Conforme exposto, o fato de o número de estabelecimentos do setor agrícola não ser estatisticamente significativo, se deve ao efeito transbordamento (*spillover*) ocorrido dos estados produtores para os estados vizinhos, que evidencia o início da expansão e ramificação das atividades correlatas ao setor agrícola para os outros estados e regiões circunvizinhas.

Quanto à quantidade vendida de tratores, mesmo ela não sendo estatisticamente significativa, houve uma elevação no número de tratores vendidos para a maioria dos estados examinados. Assim, constata-se que o aumento de venda de tratores está relacionado à expansão total da agropecuária, sendo ele alavancado pelos estados do Pará, Rondônia e pertencentes ao MATOPIBA, comprovando sua necessidade para produção.

Todavia este estudo não esgota o tema, pois, além dos determinantes da expansão da fronteira produção das culturas utilizadas para o Norte e Nordeste, há de se investigar quais foram as principais modificações que a abertura agrícola ocasionou na configuração regional, principalmente quanto ao setor agroindustrial e suas ramificações. Como também, por exemplo, quais foram os impactos nas atividades de transportes, infraestrutura, industriais, serviços públicos, entre outros.

Portanto, conclui-se que os determinantes da expansão da fronteira de produção agrícola ocorrida no Norte e Nordeste do Brasil para os anos de 1999 a 2012 foram o crédito rural de custeio, o VAB da produção agropecuária, número de empregados no setor agrícola, as exportações do agronegócio e as *dummies* Bahia, Maranhão, Piauí e Tocantins, bem como, a capacidade de aprendizagem e técnica dos agricultores, sendo estes, vistos como os empresários capazes de colocar em prática as mudanças técnicas aplicadas ao setor agrícola.

Referências

- AGROSTAT. **Balança comercial do agronegócio**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 09 out. 2015.
- ANFAVEA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em: 18 out. 2015.
- BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. John Wiley & Sons: Inglaterra, 2005.
- BACEN. BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Anuários estatísticos do crédito rural**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/?RELRURAL>>. Acesso em: 15 jun. 2015.
- BAUER, U. R. **Matemática financeira fundamental**. São Paulo: Atlas, 2003.
- BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25, mai. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 25 out. 2015.
- GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- HAYAMI, Y. RUTTAN, V. W. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Brasília: EMBRAPA, 1988. 583p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Área colhida de lavouras temporárias e permanentes por estado. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=21&z=t&o=3>>. Acesso em: 20 out. 2015a.
- _____. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em: 25 out. 2015b.
- _____. **Séries históricas e estatísticas, agropecuária, utilização da terra**. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=AGRO03>>. Acesso em: 23 out. 2015c.

_____. **Tabela de correspondência CNAE 2.0 X CNAE 1.0.** Disponível em: <<http://concla.ibge.gov.br/documentacao/documentacao-cnae-2-0.html>>. Acesso em: 04 nov. 2015d.

_____. **Valor Adicionado Bruto da agropecuária a preços correntes.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=3&z=t&o=11&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1>>. Acesso em: 21 out. 2015e.

IPEADATA. Índice Geral de Preços Disponibilidade Interna (IGP-DI). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 16 jul. 2015a.

_____. **IPC anual dos Estados Unidos.** Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 16 jul. 2015b.

_____. **Taxa de câmbio comercial média.** Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 21 out. 2015c.

LEMOS, J. J. S. Efeitos da expansão da soja na resiliência da agricultura familiar do Maranhão. **Revista de Política Agrícola**. Brasília, v. 24, n. 2, p. 23-37, 2015.

MARQUES, L. D. **Modelos Dinâmicos com dados em painel: revisão de literatura.** 2000. Disponível em: <<http://wps.fep.up.pt/wps/wp100.pdf> <http://wps.fep.up.pt/wps/wp100.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

MINGOTI, R.; BRASCO, M. A.; HOLLER, W. A.; LOVISI FILHO, E.; SPADOTTO, C. A. **MATOPIBA: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais.** Nota técnica. Embrapa, 2014. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/991059/1/20140721NotaTecnica6.pdf>> Acesso em: 21 out. 2015.

MURCIA, F. D.; SOUZA, F. C.; DILL, R. P.; COSTA JUNIOR, N. C. A. Impacto do nível de *disclosure* corporativo na volatilidade das ações de companhias abertas no Brasil. **Revista de Economia e Administração**, v. 10, n. 2, p. 196-218, abr./jun., 2011.

NASCIMENTO, O. C. **Estudo das decisões de estrutura de capital corporativo no novo mercado e nos níveis de governança da BM&FBOVESPA à luz das teorias *Trade-off* e**

Peckingorder. Dissertação (Mestrado) – Programa Multi-institucional e Inter-regional de Pós-Graduação em Ciências Contábeis (UnB/UFPB/UFRN), Brasília, DF, 2012. 103p.

NELSON, R. R. **As fontes do crescimento econômico.** Campinas: Editora da Unicamp, 2006.

NELSON, R. R. WINTER, S. G. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica.** Campinas: Editora da Unicamp, 2005. Primeira reimpressão, 2012.

PRATES, R. C.; SERRA, M. O impacto dos gastos do governo federal no desmatamento no Estado do Pará. **Nova economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, Janeiro-Abril, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512009000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 fev. 2015.

RAIS. **RELAÇÃO ANUAL DE INDICADORES SOCIAIS. Número de estabelecimentos no setor agrícola.** Disponível em: <<http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>>. Acesso em: 21 out. 2015a.

_____. Número de empregados no setor agrícola. Disponível em: <<http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>>. Acesso em: 21 out. 2015b.

SALLES FILHO, S. L. M. **A dinâmica tecnológica da agricultura: perspectivas da biotecnologia.** 1993. 239p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Teoria Econômica da Unicamp. Campinas, 1993.

SCHULTZ, T. **A transformação da agricultura tradicional.** Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1965.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico.** São Paulo: Abril Cultural, 1982. Coleção Os Economistas.

SOUZA, N. J. **Desenvolvimento econômico.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

UNCTAD. UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Free market commodity price indices, monthly.** Disponível em: <<http://unctadstat.unctad.org/ReportFolders/reportFolders.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2015.

VIEIRA FILHO, J. E. R. SILVEIRA, J. M. F. J.
Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 50, n. 4, p. 721-742, out/dez. 2012.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. In: **O mundo rural no Brasil do século 21**: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília: Embrapa, 2014.