**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Análise dos sistemas de integrações lavoura, pecuária e/ou floresta no
Brasil**

Sávio Mendonça de Sene

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba
2021**

Sávio Mendonça de Sene
Bacharel em Ciências Econômicas

Análise dos sistemas de integrações lavoura, pecuária e/ou floresta no Brasil
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS JOSÉ CAETANO BACHA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Sene, Sávio Mendonça de

Análise dos sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta no Brasil / Sávio Mendonça de Sene. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

110 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Sistemas de integração 2. Sistemas agroflorestais 3. Setor agropecuário 4. Econometria espacial I. Título

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo apoio e incentivo.

Aos amigos/colegas de sala do mestrado, pela parceria e bons momentos que passamos juntos em meio à rotina da pós-graduação.

Aos amigos da vida, pessoas que tanto estimo e sou grato pela amizade.

Aos integrantes da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação (SDI), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pela gentileza e confiança ao fornecer os dados referentes à linha de crédito do Programa ABC - dados estes que foram muito úteis e enriquecedores a esta dissertação.

Ao Prof. Dr. Carlos José Caetano Bacha, pelo apoio, atenção, e por ter orientado e acompanhado o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da banca avaliadora, de forma especial à Profa. Dra. Sílvia Helena Galvão de Miranda, por toda a contribuição durante a fase de elaboração desta dissertação.

Aos agentes e instituições que apoiam a ciência, a pesquisa, e a educação pública e de qualidade. Principalmente à instituição de fomento CAPES, pelo apoio financeiro que me possibilitou a realização do mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Surgimento e implementação dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta no Brasil	14
2.2 Benefícios da implantação de Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta no Brasil segundo a literatura	15
2.3 Sistemas ILPF propostos para os diferentes biomas brasileiros	18
2.4 Fatores que levam à adoção de Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta.....	19
3. ARCABOUÇOS TEÓRICO E METODOLÓGICO E DADOS UTILIZADOS	21
3.1 Arcabouços teórico e metodológico	21
3.1.1 Teoria da Localização e conceitos microeconômicos	21
3.1.2 A Nova Geografia Econômica	25
3.1.3 Dados espaciais	26
3.1.4 Autocorrelação espacial global univariada	28
3.1.5 Autocorrelação espacial local univariada	30
3.1.6 Modelo econométrico.....	30
3.2 Fonte e tratamento dos dados.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 Mudanças na utilização das terras.....	42
4.2 A degradação das pastagens.....	46
4.3 Caracterização e evolução dos sistemas de integração no Brasil.....	48
4.3.1 Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta.....	48
4.3.2 Sistemas Agroflorestais	52
4.4 Análise espacial da distribuição dos Sistemas Agroflorestais dentro dos estados brasileiros.....	68
4.6 Determinantes da adoção dos Sistemas Agroflorestais entre 2006 e 2017	80
4.6.1 Estatísticas descritivas	80
4.6.2 Especificação e estimação do modelo econométrico	82
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	94

REFERÊNCIAS	97
APÊNDICES	103

RESUMO

Análise dos sistemas de integrações lavoura, pecuária e/ou floresta no Brasil

Tendo em vista que o setor agropecuário brasileiro cresceu significativamente nas duas últimas décadas, e levando em conta a necessidade de se produzir de forma sustentável, os sistemas integrados de produção se apresentam como alternativa para adoção de práticas mais sustentáveis de produção de alimentos, unindo produção e conservação ambiental. Neste sentido, o presente trabalho buscou avaliar a evolução e a distribuição regional dos estabelecimentos agropecuários que assumem adotar algum tipo de Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta (SILPF) no Brasil, buscando diagnosticar a distribuição e a associação espacial desses estabelecimentos no território nacional e identificar fatores e determinantes que expliquem esta distribuição. Para tanto, foram utilizados dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 e outros dados gerados pela Rede ILPF, que abordavam estabelecimentos agropecuários brasileiros que adotavam alguma modalidade de SILPF. Na análise foram utilizados arcabouços teóricos e metodológicos que abordam a Teoria da Localização, da Nova Geografia Econômica (NGE), e outros fundamentos básicos da microeconomia. Determinantes de Sistemas Agroflorestais (SAFs) foram estimados por meio de modelos de econometria espacial e usando dados em painéis segregados a nível de municípios. A estimativa do modelo SARAR aponta que a variável rebanho e as variáveis *dummy* de localização, referentes às regiões Norte, Sudeste, Sul e Centro-Oeste, se destacaram por apresentarem os maiores coeficientes do modelo e com sinais negativos, indicando uma associação negativa dessas variáveis com a adoção dos SAFs. As principais variáveis que se associaram positivamente com a adoção de SAFs foram: crédito rural, associação do produtor à cooperativa ou entidade de classe; estabelecimentos voltados à atividade econômica florestal; estabelecimentos em que o produtor possui idade a partir de 45 anos; maior presença de áreas com pastagens degradadas; maior presença de produtor com posse estável da terra; e maior frequência de estabelecimentos com adoção de boas práticas agrícolas. Por fim, constatou-se que as mudanças das variáveis explicativas referentes ao município em que se encontra o estabelecimento agrícola acarretam maiores variações na adoção de SAFs do que mudanças das mesmas variáveis referentes aos estabelecimentos agrícolas situados nos municípios vizinhos.

Palavras-chave: Sistemas de integrações lavoura, pecuária e/ou floresta, Sistemas agroflorestais, Setor agropecuário, Econometria espacial

ABSTRACT

Analysis of crop, livestock and/or forest integration systems in Brasil

Based on the fact that the Brazilian agriculture sector has grown significantly in the last two decades and taking into account the need to produce sustainably, the integrated production systems come up as an alternative for more sustainable food production practices, trying to balance agricultural production and environmental conservation. Considering this background, the present dissertation aims to evaluate the evolution and regional distribution of agricultural establishments that adopt some type of Crop, Livestock and/or Forest Integration Systems (ICLF) in Brazil, seeking to interpret the distribution and spatial association of these establishments throughout the Brazilian territory and identify the main determinants that explain this distribution. In order to achieve this purpose, both 2006 and 2017 Agricultural Censuses as well as Rede ILPF's datasets were used. The analysis was backed by theoretical and methodological frameworks provided by the Theory of Location, New Economic Geography (NGE), and other basic microeconomic foundations. Determinants of Agroforestry Systems (SAFs) were estimated by using a panel model formed with municipal aggregated data of agricultural establishments. SARAR model showed that the variable 'herd' and the dummy referring to farms' regional location (comparing if this location refers to the North, Southeast, South and Midwest regions against Northeastern) showed highest coefficient values and negative signs, indicating a negative association of them with the adoption of the SAFs. The main variables that were positively associated with the adoption of SAFs were: rural credit, farmer association into a cooperative or a class entity; establishments focused on forest economic activity; establishments run by farmer older than 45 years; presence of areas with degraded pastures; presence of farmer with stable land ownership; and establishments adopting good agricultural practices. Finally, it was found that explanatory variables of the municipality where the agricultural establishment is located lead to a greater variations in the adoption of SAFs than changes in the same variables related to neighboring municipalities farmers.

Keywords: Crop integration systems, livestock and/or forestry, Agroforestry systems, Agricultural sector, Spatial econometrics

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial, assim como melhorias na situação econômica e consequente maior poder de compra por parte da população levarão ao aumento da demanda por alimentos a médio e longo prazos. O Brasil é um país com vasta área disponível para produção de alimentos, e o aumento da produtividade agropecuária e a ampliação das áreas cultivadas são medidas que atendem a essa necessidade mundial (OLIVEIRA et al., 2013).

A agropecuária brasileira tem crescido significativamente nas duas últimas décadas, e o Brasil tornou-se um dos maiores produtores de grãos do mundo. O que mais diferencia o Brasil dos demais países produtores de alimentos é sua capacidade de produção, uma vez que já foram desenvolvidas tecnologias que permitem conduzir culturas não nativas em regiões tropicais, onde há muita luz e calor, o que favorece o cultivo de mais de uma cultura no mesmo espaço e no mesmo ano (DALL'AGNOL; HIRAKURI, 2008).

O território brasileiro possui mais de 851 milhões de hectares (ha), e um total de 5.073.324 estabelecimentos agropecuários, que ocupavam uma área total de 351,289 milhões de ha segundo os resultados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019), ou seja, cerca de 41% da área total do país. Quanto à utilização dessa área, são 7,755 milhões de hectares destinados à plantação de lavouras permanentes, 47,323 milhões de ha destinados às pastagens naturais, 55,761 milhões de ha dedicados a lavouras temporárias e 112,174 milhões de ha para pastagens plantadas. Tem-se, ainda, a área coberta por matas naturais (106,574 milhões de ha) e matas plantadas (8,658 milhões de ha). O restante do território voltado ao uso agropecuário (cerca de 13,044 milhões de ha) são aquelas áreas não declaradas para uso, que podem estar ocupadas com construções, podem estar ociosas, ou mesmo serem impróprias para a produção agropecuária.

Os números do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG, 2020) apontam que da área total de pastagens brasileiras em 2018, cerca de 29,59 milhões de ha apresentavam nível leve de degradação, 25,09 milhões de ha apresentavam nível moderado de degradação, e 40,16 milhões de ha apresentavam degradação severa. Parte dessas áreas degradadas, uma vez recuperada, representa boa oportunidade para o país expandir suas produções vegetal e animal para atender à expansão da demanda mundial de alimentos sem ter que desmatar novas áreas.

A produção agropecuária se associa com mudanças ambientais (em especial quando se substitui a vegetação nativa por outras atividades mais homogêneas ou com pouca diversificação), embora o setor agropecuário venha buscando alternativas para minimizar os

impactos negativos causados ao meio ambiente. Se por um lado o preparo do solo, o uso de agrotóxicos, o desmatamento e as queimadas em áreas agrícolas são práticas utilizadas para aumentar a produção de alimentos, ao mesmo tempo elas corroboram para o processo de alteração e possível destruição do meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2013). De modo a diminuir a intensidade deste processo, o setor agropecuário necessita, entre outras medidas, transformar as áreas degradadas em áreas produtivas, considerando a necessidade da redução da emissão de gases causadores do efeito estufa.

Como alternativa, visando associar produção e conservação ambiental, os sistemas de integração surgem como opções à adoção de práticas mais sustentáveis de produção de alimentos. Sistemas integrados de produção têm como premissa básica combinar duas ou mais atividades agropecuárias na mesma área produtiva, ou seja, combinar agricultura, pecuária e/ou silvicultura na mesma fazenda. A utilização desses sistemas se apresenta como um caminho capaz de garantir melhorias na produção de grãos, carne e madeira com sustentabilidade e conservação dos recursos naturais (MAGALHÃES et al., 2019).

A integração tem sido usual nos seguintes modelos: a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), a Integração Lavoura-Floresta (ILF), a Integração Pecuária-Floresta (IPF) e a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Este conjunto de todas modalidades de integração supracitadas será tratado neste trabalho como Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta (SILPF). Já o conjunto das modalidades que, necessariamente, apresentem o componente florestal na integração (ILF, IPF e ILPF) será tratado como Sistemas Agroflorestais (SAFs). Portanto, SAF está incluso no SILPF.

Os Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta (SILPF) são estratégias que buscam a produção sustentável, pois integram atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, alcançando adequação ambiental das atividades e da propriedade. Tratam-se de uma ferramenta que otimiza os ciclos biológicos das plantas e dos animais (BALBINO et al., 2011).

É importante observar que um sistema de produção intensificado não deve apelar para exploração com uso excessivo ou indiscriminado de recursos produtivos. Por isso, o emprego de tecnologia é necessário para otimizar a relação custo-benefício e tornar o sistema eficiente. Dessa forma, os sistemas de produção sustentáveis são manejados a fim de considerar as demandas do presente sem prejudicar as gerações futuras. Eles devem ser conduzidos via manejo ético e responsável da terra, integrando o crescimento e colheita de diferentes produtos (BEHLING et al., 2014).

Os sistemas de integração atingiram crescente visibilidade nos últimos anos e suas vantagens apontadas na literatura - como destacadas, entre outros, por Alves, Laura e Almeida (2015), Franca e Silva (2017), e Soares e Rosinha (2019) - ponderam que seu uso propicia a restauração de áreas degradadas, otimização do uso da terra e mitigação da emissão de gases causadores do efeito estufa. Entretanto, os produtores necessitam de respaldo para que, além das vantagens ambientais, a implantação de SILPF em suas propriedades também seja viável do ponto de vista econômico.

Quanto às vantagens econômicas dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta, Silva (2019) pondera a importância do uso de estratégias que possibilitem a redução dos impactos negativos da oscilação dos preços entre os produtos via a diversificação da produção, obtida por meio de sistemas agrícolas sustentáveis. Na mesma perspectiva, Fernandes (2015) indica que o uso de sistemas integrados no segmento agrícola proporciona um giro financeiro mais rápido; a inserção de pastagens melhoradas colabora para obtenção da eficiência da produção animal; e o segmento florestal oferece alternativas na produção de recursos madeireiros e não madeireiros.

Ainda que os estudos apontem os benefícios supracitados, na prática, a adoção de sistemas integrados ainda não é generalizada no Brasil. A percepção da viabilidade econômica para seus adotantes parece não estar totalmente consolidada entre os agropecuaristas, e o processo de adoção, por si só, ainda hoje apresenta algumas dificuldades. Uma delas é com a gestão e o manejo, que são mais complexos do que nos sistemas convencionais, e requerem especialização em diferentes áreas técnicas da produção agropecuária; e os custos de implantação, que são relativamente elevados e nem sempre o retorno do investimento é recuperado no curto prazo. Além disso, a limitação à mecanização e a falta de capacitação de técnicos e de produtores rurais resultam em pouco estímulo e preparo para adoção de SILPF (BEHLING et al., 2014).

Diante do exposto, ressalta-se que o conhecimento sobre os componentes em torno dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta é de suma importância para compreender e incentivar os processos que possibilitam a adoção dos mesmos (CORDEIRO et al., 2015). Um entrave nesta questão é a escassez de dados oficiais no Brasil a nível nacional sobre o uso de SILPF. Como existem várias modalidades desses sistemas, não é incomum que sejam atribuídos aos poucos dados existentes algum termo não preciso a respeito de qual das modalidades os mesmos se referem.

Há também uma carência de estudos que caracterizem de forma clara e detalhada a evolução e a distribuição regional desses sistemas no Brasil nos últimos anos. As pesquisas

existentes sobre a temática abordam a distribuição dos sistemas de integração ao longo do país de forma superficial, e não consideram o fator espacial como foco da análise. Essa deficiência acaba dificultando a identificação dos avanços e das necessidades enfrentadas por esse segmento da agropecuária.

Como salientado por Almeida, Perobelli e Ferreira (2008), diferentes técnicas produtivas agropecuárias podem ser influenciadas pelas condições edafoclimáticas existentes em níveis locais. Pode haver, então, interdependência entre diferentes localidades voltadas à produção agropecuária e difusão espacial de fenômenos que interferem no comportamento das unidades vizinhas. Portanto, pode-se esperar que exista alguma associação espacial entre os estabelecimentos agropecuários adotantes de sistemas de integração ao longo do Brasil.

Considerando o supraapresentado, o **objetivo geral** desta dissertação é avaliar a evolução e a distribuição regional dos estabelecimentos agropecuários que assumem adotar alguma forma de SILPF no Brasil, buscando diagnosticar a distribuição e a associação espacial desses estabelecimentos no território nacional e procurar explicar esta distribuição.

Como se detalhará na metodologia, os Censos Agropecuários de 2006 e 2017 apresentam informações sobre estabelecimentos agropecuários que adotam Sistemas Agroflorestais. A partir destes dados e de outros gerados pela Associação Rede ILPF (que serão explicados na parte de Metodologia) é possível delimitar os seguintes **objetivos específicos** a serem tratados nesta dissertação:

- Analisar os tipos de Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta possíveis de se adotar no Brasil, e identificar neles os Sistemas Agroflorestais;
- Analisar as principais transformações ocorridas no Brasil, entre 2006 e 2017, quanto a utilização das terras brasileiras e quanto ao uso de Sistemas Agroflorestais (SAFs);
- Analisar as distribuições dos estabelecimentos agropecuários e das áreas agrícolas adotantes de SILPF e SAFs no território nacional, dando maior atenção, devido à disponibilidade de dados, à análise das distribuições dos estabelecimentos e áreas adotantes de SAFs;
- Observar as diferenças entre as estruturas regionais que compõem os Sistemas Agroflorestais no Brasil, considerando, inclusive, a possibilidade da existência de *clusters* e suas evoluções ao longo do período analisado (2006 a 2017), além de buscar identificar fatores que influenciaram os produtores terem decidido trabalhar com estes sistemas em suas propriedades;

- Estimar modelos econométricos que quantificam os impactos dos principais determinantes do uso de SAFs pelos estabelecimentos agropecuários brasileiros nos anos de 2006 e 2017.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A literatura relacionada aos objetivos desta dissertação pode ser dividida em estudos que procuram: (1) relatar o surgimento e a implementação dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta (SILPF) no Brasil; (2) estudos de casos que analisaram alguma das modalidades dos SILPF, e que mostram quais são os benefícios observados em se adotar tais sistemas; (3) caracterizar os principais SILPF sugeridos para os biomas brasileiros; e, (4) elencar os fatores determinantes da adoção de SILPF.

2.1 Surgimento e implementação dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta no Brasil

Ainda que os Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta tenham atingido maior visibilidade nas duas últimas décadas, os mesmos possuem antiga procedência. Na Europa, ainda na idade média, já eram conhecidos modelos de plantios associados entre culturas anuais e culturas de ciclo longo ou entre plantios de árvores frutíferas e de árvores madeireiras. Além disso, sistemas integrando o plantio de árvores frutíferas com a produção pecuária datam desde o século XVI. A redução do uso desses sistemas nas regiões temperadas pode ser explicada pelo também enfraquecimento da pequena agricultura familiar de subsistência, uma vez que lavouras, gado e árvores passaram a ter gestões separadas, para atender à agricultura, à pecuária e à silvicultura modernas, respectivamente, e com produções voltadas ao mercado (BALBINO et al., 2011b).

No Brasil, foram os imigrantes europeus quem trouxeram a cultura da associação de atividades agropecuárias no mesmo estabelecimento agropecuário, que desde o início foram adaptadas às condições tropicais e subtropicais do país. No Rio Grande do Sul, por exemplo, a integração da criação de animais com culturas agrícolas é registrada desde os primeiros anos do século XX (SILVA et al., 2016). Em âmbito nacional, os esforços para reverter o processo de degradação dos solos foram intensificados a partir dos anos 1970, com o desenvolvimento de tecnologias para compor o Sistema de Plantio Direto (SPD), que é altamente dependente da rotação de culturas na mesma área. Nas décadas de 1980 e 1990 foram desenvolvidas e aperfeiçoadas outras tecnologias, como o Sistema Barreirão, que envolve práticas de recuperação de áreas degradadas ou improdutivas, embasadas no consórcio arroz-pastagem (BALBINO et al., 2011b).

No final dos anos 1990, foi disseminado o uso de sistemas de produção agropecuária com rotação lavoura-pastagem (ILP), sendo implementada a produção de grãos e forragem para a entressafra, com destaque para a braquiária, que foi reconhecida pela sua facilidade de plantio

e manejo. Grande parte dos conhecimentos desenvolvidos para a implementação e disseminação dos SILPF foram produzidos pela Embrapa e por universidades, institutos de pesquisa e iniciativas privadas que compõem o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, SNPA (EMBRAPA, 2020).

A Lei nº 12.805, sancionada em 30 de abril de 2013, pela então Presidente da República, Dilma Rousseff, instituiu a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil. O texto desta Lei propõe o aperfeiçoamento da produtividade e da qualidade dos produtos, por meio de sistemas sustentáveis que integram atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais, prevendo a recuperação de áreas em estágio de degradação e a redução dos desmatamentos através dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta (BRASIL, 2013).

Outra importante medida que permitiu a expansão da implementação de sistemas integrados no Brasil foi a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, também conhecida como Novo Código Florestal, que prevê normas para proteção da vegetação nativa, uso da terra e conservação dos recursos naturais. O Art. 54 desta Lei pontua que, para cumprimento da conservação da área de reserva legal nos estabelecimentos, “poderão ser considerados os plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas da região em Sistemas Agroflorestais” (BRASIL, 2012).

2.2 Benefícios da implantação de Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta no Brasil segundo a literatura

A recuperação de pastagens degradadas é uma das principais motivações que levaram alguns agropecuaristas a adotarem Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta. Plantar alguns tipos de culturas em alguns períodos em áreas empobrecidas, adotar o sistema de rodízio de áreas e o pousio já são estratégias comuns e adotadas por muitos produtores rurais, com o objetivo de manter a capacidade produtiva dos solos. Entretanto, essa prática vem se modernizando com a inclusão de técnicas combinadas (como a de integração de sistemas produtivos) que geram maior produtividade da terra (MEDINA, 2013).

Os diferentes SILPF, adotados de acordo com os conceitos da agricultura conservacionista, proporcionam ao agroecossistema uma produção mais sustentável de alimentos, fibras e madeira (para construção, transformação e geração de energia) que, além de

lhe proporcionar aumento da renda, o torna também um provedor de serviços ambientais (CORDEIRO et al., 2015).

Entre os benefícios gerados por Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta em relação à monocultura se destacam: melhora das condições físicas, químicas e biológicas do solo; aumento da eficiência no aproveitamento dos nutrientes; redução da ociosidade do uso das áreas agrícolas; diversificação da produção e estabilização da renda na propriedade rural; viabilização da recuperação de áreas com pastagens degradadas; mitigação de emissões de gases causadores de efeito estufa, entre outros. Parece lógico afirmar que, seguramente, os benefícios ambientais devem se acumular ao longo dos anos da adoção e manutenção dos SILPF (MACEDO, 2013).

Um sistema diversificado que envolva silvicultura, culturas agrícolas e/ou criações de animais promove um fluxo de renda com menor sazonalidade ao longo dos meses do ano. Além disso, os componentes deste sistema podem ser usados como insumos na produção de outros, como o adubo verde e o esterco animal, levando a uma redução de gastos com insumos industriais; e a diminuição do risco de perda expressiva da colheita da cultura principal. A diversidade de produtos colhidos reduz dois tipos de riscos para o agricultor em relação à monocultura: o de impacto econômico, derivado da flutuação de preços no mercado de produtos específicos, e o de perda de parcela da colheita (MACEDO, 2013).

As mudanças climáticas ameaçam produtores rurais do mundo todo, visto que a agricultura é altamente dependente da temperatura e da pluviosidade, e a mudança no padrão do clima pode ser destrutiva para a produção agropecuária. Quanto mais diverso é o sistema agropecuário, maior é a sua capacidade de se adaptar às mudanças climáticas e ter maior flexibilidade para adotar práticas que permitam a redução dos GEEs.

A pesquisa científica tem demonstrado que SILPF são melhores que sistemas especializados frente aos efeitos adversos do clima, além de que os produtos obtidos de sistemas integrados de produção têm percentual de emissão líquida de gases de efeito estufa bem menor do que produtos obtidos em sistemas não integrados. Quando o componente florestal é incorporado (como nos Sistemas Agroflorestais), podem ser retiradas maiores quantidades de carbono da atmosfera. Até mesmo o metano emitido pelos animais nos SAFs pode ser compensado pelo gás carbônico capturado pelas árvores nestes sistemas integrados (TOMAZI, 2015).

A estrutura de transferência de conhecimentos e tecnologias deve ser orientada pelo envolvimento de atores do setor produtivo, técnicos e pesquisadores. Como muitos conhecimentos são adquiridos de forma empírica pelos próprios agricultores, a integração entre

esses atores permite produzir inovações apropriadas aos diferentes ambientes e condições, encurtando, assim, o tempo para a sua adoção (BALBINO et al., 2011).

Considerando os benefícios supramencionados, uma série de estratégias de SILPF foram sendo desenvolvidas por instituições, pesquisadores e produtores no Brasil, desde a década de 1970. O quadro 1 sintetiza alguns destes conhecimentos.

Estudo	Informações do estudo	Estratégias utilizadas	Principais resultados observados
Sistema Barreirão	Desenvolvido na década de 1980 pela Embrapa Arroz e Feijão (OLIVEIRA et al., 1996).	Consórcio entre pastagens e culturas anuais, como o arroz de sequeiro, o milho, o sorgo e o milheto.	Recuperação ou reformas de imensas áreas com pastagens degradadas, especialmente no Brasil Central.
Sistema Santa Fé	Incentiva o uso intensivo de áreas agrícolas em regiões do Cerrado. Houve a contribuição da Embrapa, que ajudou no desenvolvimento inicial deste sistema, que foi realizado na Fazenda Santa Fé em Santa Helena de Goiás - GO (COBUCCI et al., 2000).	-Produção consorciada de culturas de grãos com forrageiras nos sistemas de plantio direto e convencional; -Cultivo de grãos no período normal e de pastagem no período seco ou de entressafra.	- Ganho de peso dos animais na entressafra; - A silagem produzida em 01 hectare pode alimentar 11,1 unidades de animais durante 120 dias em regime de confinamento; - Possibilidade de dois cortes de silagem antes da entrada do período seco.
Sistema Santa Brígida	SILPF realizado na Fazenda Santa Brígida - Goiás, iniciado em 2006 (KLUTCHCOUSKI, 2012)	-Primeiro ano: aplicados os sistemas Barreirão e Santa Fé; -Entre 2008 e 2009: implantação de florestas; -Em 2011: introduzidas as leguminosas para melhorar a qualidade das pastagens, chamado de Sistema Santa Brígida.	Passados 06 anos do início do sistema, ocorreram: - Aumento de 40 para 58 sacas/ha de soja e de 80 para 180 sacas/ha de milho; - Taxa de lotação animal evoluiu de 01 para mais de 02 UA/ha; - A produção passou de 02 para 16 arrobas/ha; - Idade de abate do bovino caiu de 04 para 03 anos; - Redução de 25% na emissão de metano por quilo de carne produzida.
Gado em sistema integrado	Estudo desenvolvido na Embrapa Pecuária Sudeste de janeiro a junho de 2017 (EMBRAPA, 2020a).	Pesquisa analisando o comportamento de bovinos criados em sistemas integrados com pastagem e componentes arbóreos	- Redução em 19% do número de vezes que os bovinos buscaram os bebedouros; - Redução de hormônio ligado ao estresse (que atrapalha a ingestão de alimentos pelo gado); - Redução do desconforto térmico (melhorias na qualidade da carne).
ILPF Corte	Realizado pela Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop - MT no período de 2011 a 2015 (MAGALHÃES et al., 2019).	Inclusão da lavoura em rotação de pastagens para criação de bovinos de corte	- Melhoria na produtividade da forragem e da carne; - Aumento do potencial do uso da terra.

Quadro 1- Alguns dos principais estudos sobre Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta desenvolvidos no Brasil.

Fonte: elaboração própria do autor.

2.3 Sistemas ILPF propostos para os diferentes biomas brasileiros

O território brasileiro apresenta seis grandes biomas continentais, os quais são: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. No Brasil, os Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta são modulados de acordo com o perfil e os objetivos da propriedade rural. O Quadro 2 apresenta alguns trabalhos que caracterizam como tais sistemas estão distribuídos ao longo dos biomas.

Bioma	Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta característicos	Fontes
Amazônia	Predominam os sistemas IPF e ILF. Um grande desafio para o bioma é o reaproveitamento de extensas áreas degradadas, e tais sistemas vêm auxiliando os produtores locais a alcançarem aumento da produtividade por hectare.	Bueno et al. (2019); Embrapa (2020).
Caatinga	O sistema mais utilizado na região é o ILPF. Visando práticas de manejo de solo com baixo impacto ambiental, o sistema deve ser cada vez mais proposto às diferentes regiões do Semiárido.	Kill e Porto (2019); Embrapa (2020).
Cerrado	O Sistema de Plantio Direto é uma tecnologia já consolidada no bioma. Apesar dos SILPF ainda serem pouco utilizados no Cerrado, estes podem ser importante ferramenta para redução do avanço das fronteiras agrícolas.	Sano (2019); Embrapa (2020).
Mata Atlântica	Na região Sudeste, onde ocorre parte deste bioma, prevalece rotações de forrageiras com culturas anuais (a fim de produzir a palhada), plantio direto ou mesmo produção de forragens para alimentar o gado, no período de entressafra. Na região Nordeste, onde ocorre outra parte deste bioma, predomina o sistema IPF.	Viezzzer, Senta e Vieira (2019); Embrapa (2020).
Pampa	Nas metades sul e norte do Rio Grande do Sul, o sistema mais comum é o ILP. Na zona de Planalto, predomina o sistema ILF.	Hasenack et al. (2019); Embrapa (2020).
Pantanal	O sistema IPF vem se tornando mais comum no Pantanal, especialmente na vegetação de campo cerrado, auxiliando na conservação da biodiversidade e no aumento da produtividade da agropecuária.	Fernandes et al. (2019); Embrapa (2020).

Quadro 2 - Caracterização dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta ao longo dos biomas brasileiros

Fonte: elaboração própria do autor.

Com os bons resultados dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta, instituições de pesquisa e extensão rural criaram Unidades de Referência Tecnológica (URT), distribuídas ao longo de todos os biomas brasileiros e que recebem acompanhamento da equipe técnica da Embrapa. Estas unidades são áreas de produtores ou de instituições que têm alguma relação com o ambiente produtivo e nelas são adotados SILPF (EMBRAPA, 2016).

2.4 Fatores que levam à adoção de Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta

Alguns estudos de casos que buscaram identificar os fatores relevantes para a adoção de SILPF convergiram em suas conclusões. O estudo de Vinholis et al. (2020), para unidades produtivas do estado de São Paulo, revelou que algumas características referentes ao estabelecimento agropecuário e ao produtor costumavam ser mais frequentes em propriedades que adotavam sistemas com integração do que em propriedades não adotantes desses sistemas. Como, por exemplo, o acesso do produtor a conhecimentos técnicos (dias de campo, palestras, visitas do técnico de extensão rural, etc.), posse estável da unidade produtiva (garantia de posse da terra), maior tempo de experiência na atividade, disponibilidade de mão-de-obra durante todas as épocas do ano, e disponibilidade de informações técnicas e econômicas sobre os sistemas de integração na região.

Poccardi-Chapuis et al. (2014) procuraram compreender as condições dos Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta nos trópicos por meio da caracterização de três áreas de estudo de caso: Sul do Mali, Cerrado brasileiro e fronteira amazônica. A fim de apontar o papel das instituições na gestão integrada, o citado trabalho compara os casos específicos do Mali e do Cerrado brasileiro. Apesar de ambos os casos demonstrarem semelhanças do ponto de vista ecológico, os mesmos eram geridos de formas bastante diferentes. A região do Cerrado brasileiro, cujos sistemas apresentaram bons índices de rendimento produtivo, contava com uma gestão qualificada e boa estrutura de apoio, como acesso financeiro, equipamentos e suporte técnico. Já no caso dos agricultores da região do Mali, onde essa estrutura praticamente não existia, a gestão foi deixada aos próprios agricultores, e, como resultado, a produção foi bastante limitada devido à falta de investimentos.

O estudo de Santos et al. (2014), que analisou áreas de agricultores familiares de Santa Maria do Pará (PA), constatou que o acesso à assistência técnica, experiência do agricultor com atividades agrícolas, nível de educação formal, título de propriedade da terra e participação em entidades de classe impactam positivamente na adoção de Sistemas Agroflorestais.

Em outro estudo de caso - realizado por Pompeu et al. (2012) no município de Bragança (PA) - avaliou-se que a decisão de aderir aos Sistemas Agroflorestais foi fortemente influenciada pelos recursos financeiros de agentes oficiais de financiamento do governo,

utilizados na compra de mudas e outros insumos, além do acesso à educação técnica por parte dos agricultores.

A pesquisa de Schembergue et al. (2017) propôs realizar uma análise do papel desempenhado pelos Sistemas Agroflorestais como medida adaptativa às mudanças climáticas no Brasil. Menciona-se que a adoção de SAFs é condicionada por condições agronômicas, socioeconômicas e climáticas. Os autores compararam os municípios que optaram pela diversificação da produção por meio de SAFs com outros municípios que não diversificaram suas atividades, e conseguiram identificar os principais determinantes do uso destes sistemas. As variáveis destacadas são: propriedade da terra, financiamento, acesso a informações e à assistência técnica (variáveis socioeconômicas), disponibilidade de recursos hídricos e qualidade do solo (variáveis agronômicas), temperatura e precipitação (variáveis climáticas).

Por fim, o trabalho de Gil, Berger e Garret (2016) estimou os determinantes da adoção de sistemas de integração Lavoura-Pecuária em unidades produtivas do estado do Mato Grosso e concluiu que, embora o processo de difusão destes sistemas no estado seja recente e dinâmico, o acesso à informação, educação, cultura, infraestrutura da cadeia de suprimentos e padrões históricos de uso da terra são os fatores mais importantes que influenciam os estágios iniciais da difusão do sistema ILP. Esses autores ainda apontam que a ocorrência dos sistemas era mais frequente entre agricultores com menor nível de endividamento; fator que indica a importância da disponibilidade de capital para financiar os investimentos iniciais na adoção do sistema ILP. A pesquisa ainda apontou que alguns produtores até tinham acesso ao crédito, mas a ausência de infraestrutura e informações foram barreiras que dificultaram o bom funcionamento dos sistemas já implantados. Nesse sentido, intervenções exclusivamente baseadas na concessão de crédito não são suficientes para garantir a disseminação em larga escala de inovações agrícolas complexas.

3. ARCABOUÇOS TEÓRICO E METODOLÓGICO E DADOS UTILIZADOS

Esta seção da pesquisa é dividida em duas subseções. Na subseção 3.1 são abordados os arcabouços teórico e metodológico empregados para analisar as informações e dados utilizados para alcançar os objetivos da dissertação. Na subseção 3.2 são comentados os dados que serão utilizados e os tratamentos que os mesmos receberam.

3.1 Arcabouços teórico e metodológico

A Teoria da Localização e os fundamentos básicos da microeconomia (expostos na subseção 3.1.1.) são capazes de proporcionar os embasamentos teóricos que fundamentem a decisão dos produtores em adotar cada um dos sistemas de produção. Como podem ocorrer associações espaciais entre os estabelecimentos agropecuários que adotam SILPF, bem como entre as variáveis que determinam a adoção desse sistema, alguns tópicos da Nova Geografia Econômica (NGE) e de suas metodologias para tratamento dos dados serão expostos nas subseções 3.1.2 a 3.1.6.

3.1.1 Teoria da Localização e conceitos microeconômicos

A escolha da localização adequada para abrigar as instalações utilizadas no processo produtivo é etapa relevante para um bom funcionamento da firma (caso de um estabelecimento agropecuário, por exemplo). A Teoria da Localização aborda fatores que proporcionam vantagens a serem auferidas por unidades produtivas situadas em um determinado espaço geográfico. Entre esses fatores, em nível regional, Carlos (2000) aponta a presença de: infraestrutura, serviços, logística, recursos humanos, mercado de insumos e a demanda pela produção da firma. Os principais fatores a nível local estão relacionados às condições edafoclimáticas e socioeconômicas, tais como: custo da terra, condições do terreno (como sua declividade), microclima (temperatura, ocorrência de chuvas, etc.), apoio e incentivos governamentais, como acesso a crédito e incentivos fiscais.

A busca por constantes reduções dos custos de produção leva as firmas a adotarem diferentes estratégias de produção. Uma dessas estratégias ocorre quando a firma se especializa em produzir alguma mercadoria específica, podendo, assim, se beneficiar dos ganhos de escala nesta produção. Varian (2015) aponta que os rendimentos de escala se referem à variação do produto em relação à variação da escala de produção: quando todos os insumos são multiplicados por um escalar w e a produção aumenta na mesma proporção, a empresa estará

operando com rendimentos constantes de escala. Entretanto, se a produção crescer em uma proporção maior ou menor do que w , a mesma empresa estará operando sob rendimentos crescentes ou decrescentes de escala, respectivamente. De forma similar, Pindyck e Rubinfeld (2013) ressaltam que o rendimento crescente de escala acontece quando a produção mais do que dobra, enquanto as quantidades de todos os insumos são dobradas.

Um processo produtivo pode ser favorecido por economias de escala quando unidades de bem ou serviço são produzidos com custo marginal menor à medida que aumenta o volume da produção. Portanto, quando uma empresa se especializa em um produto e sua produção aumenta, há maiores chances de haver redução de seus custos de produção, por razões tais como: especialização dos funcionários nas atividades, em que eles passam a ser mais produtivos; flexibilidade na combinação dos insumos utilizados na produção; e maior poder de negociação na compra de insumos, devido à grande quantidade que é comprada com frequência (VARIAN, 2015)

Em caminho oposto, outra estratégia utilizada para otimizar o desempenho de uma empresa é diversificar as mercadorias por ela produzida. Em muitos casos, os custos de produção de um sistema diversificado podem ser menores do que os custos em um modelo de produção especializada. Quando a empresa produz mais de um produto, ela pode se beneficiar da economia de escopo, de forma que o custo médio unitário de itens de diferentes tipos de mercadorias produzidas por uma única empresa se torna menor do que o custo médio que poderia ser ocorrido por duas empresas diferentes, caso cada uma delas fabricasse um único tipo de mercadoria.

Assim, a firma consegue produzir qualquer combinação de dois ou mais produtos de forma mais econômica do que duas firmas distintas poderiam produzir um único produto cada. As diferentes mercadorias produzidas podem estar bastante relacionadas entre si (como plantio de soja no verão e plantio de milho no inverno), ou podem nem mesmo estar fisicamente relacionados (como no caso de um pecuarista que também cultiva lavoura de arroz ou feijão). Em qualquer um dos casos, a empresa pode se beneficiar da fabricação de dois ou mais produtos, em vez de apenas um (PINDYCK e RUBINFELD, 2013). Os mesmos autores ressaltam que essas vantagens podem acontecer por diversos motivos, entre eles: o uso dos mesmos insumos, instalações e maquinários utilizados para a produção dos diferentes produtos e geridos por uma mesma administração, por exemplo. Além disso, em alguns setores a produção de um artigo resulta em um subproduto que pode ser utilizado pela própria empresa. Tudo isso torna possível a redução dos custos.

Uma terceira alternativa é a integração vertical como estratégia lógica de produção. Trata-se de um agrupamento com diversos processos de produção, armazenamento, logística, distribuição e vendas realizados por uma mesma empresa. Neste modelo produtivo, valores podem ser agregados ao longo das diferentes fases da cadeia produtiva do setor, além de ser possível produzir produtos intermediários que podem ser utilizados para uso próprio da empresa ou ainda comercializá-los, a depender do que for mais vantajoso no momento da comercialização (SLACK, 2002).

A estratégia de integração vertical é adotada pelas organizações a fim de integrar processos de produção, buscar a redução dos custos, ampliar o portfólio de produtos, e assim maximizar os seus resultados. Na integração vertical, a firma passa a ter controle sobre diferentes processos de produção, por meio da criação de seus próprios serviços. Quanto maior é o controle da empresa sobre os processos que envolvem a cadeia de valor de seus produtos, maior é o grau de sua integração vertical.

Entre os motivos que levam uma empresa a adotar a integração vertical, vale mencionar que esta estratégia proporciona à empresa maior controle das atividades, a montante e/ou a jusante de modo a garantir o fluxo contínuo de suas atividades, e não ficar sujeita a atitudes oportunistas de fornecedores e distribuidores. Assim, a integração vertical é utilizada como ferramenta para alcance de: maiores margens de lucro; redução dos riscos relativos à variação dos preços (dos insumos e da produção) e consequentes incertezas na transação; maior controle sobre insumos e consumidores (já que a empresa consome e produz produtos de diferentes segmentos); redução de custos de transação, à medida que as empresas podem incorporar atividades de terceiros para dentro de seu domínio (SLACK, 2002).

Outro conceito fundamental na microeconomia que afeta diretamente na decisão sobre a forma de como produzir (diversificando a produção, especializando em certos produtos ou serviços e/ou fazendo integração vertical) é a abordagem dos riscos associados a esta produção. Para decisões de consumo ou de investimento, é necessário estar ciente das incertezas e dos riscos assumidos. Entre as maneiras utilizadas pelos consumidores e empresas para amenizar os riscos, uma delas é por meio da diversificação. Se os recursos ou a produção forem distribuídos entre diversas atividades cujos resultados não estejam intimamente relacionados, o risco poderá ser minimizado (NICHOLSON e SNYDER, 2012).

Foi citado no início desta dissertação que o uso de SILPF ainda não é generalizado no Brasil, apesar de estar crescendo. Esse fato pode estar relacionado à composição da estrutura fundiária das regiões brasileiras. As características dos estabelecimentos agropecuários

interferem nas estratégias de produção adotadas pelos mesmos, visto que modelos de produção especializados ou diversificados podem ser mais ou menos compatíveis aos fatores edafoclimáticos e socioeconômicos específicos de cada região.

Em certas regiões brasileiras, predomina-se a produção agropecuária de apenas um produto (caso da monocultura), ou até podem produzir mais de um produto, mas sempre dentro de um mesmo segmento (caso do plantio de soja como cultura de verão e milho como cultura de inverno). Normalmente, tais regiões se beneficiam dos rendimentos crescentes de escala, de maneira que acaba sendo mais vantajoso destinar toda a área da propriedade para a produção de produtos do mesmo segmento, especialmente quando se trata da produção de *commodities* para exportação, como a soja, o milho, a carne bovina, a cana de açúcar, e a madeira, que são diretamente exportados ou transformados em produtos agroindustriais exportados. Mesmo com menores volumes de produção, algumas pequenas e médias propriedades também se dedicam à produção especializada, pois a mercadoria produzida costuma ser a mais apropriada para aquele tipo de região.

No entanto, observa-se que alguns produtores não possuem condições de se integrar às estratégias de produção da monocultura e, decorrente disso, buscam encontrar lógicas alternativas para guiar suas práticas. Alguns médios e grandes produtores, ainda que possuam estrutura para produzir em grandes quantidades, também diagnosticam que as condições do estabelecimento ou da região são mais propícias à diversificação da produção. Essas propriedades deixam de lado a lógica da monocultura e passam a utilizar a diversificação como estratégia produtiva. Nestes casos, são adotados os SILPF.

Estes estabelecimentos apostam que a redução dos custos médios de produção no setor pode ser alcançada por meio da ampliação da linha de produtos a serem gerados, especificamente, a combinação de lavoura, pecuária e/ou floresta, e assim se beneficiar da economia de escopo ou da integração vertical. Os custos fixos de produção podem ser diluídos entre as diferentes mercadorias produzidas. Por exemplo, os maquinários utilizados para preparar a terra para a plantação da lavoura também podem ser utilizados para a implantação da pastagem para alimentar o gado, ou ainda para o plantio de florestas. O esterco animal pode ser usado como fertilizante para melhoria da fertilidade do solo. Ressalta-se ainda que, quando o produtor aloca seus fatores de produção (terra, capital e trabalho) para elaborar dois ou mais produtos de diferentes segmentos, os riscos de perda total da produção ou mesmo de queda da receita advinda de variação negativa abrupta dos preços serão menores do que naquelas propriedades especializadas em produzir produtos de apenas um segmento agropecuário.

Os aspectos acima expostos mostram que, dependendo das condições existentes em certas regiões, diferentes estruturas produtivas poderão ocorrer, justificando a existência de propriedades adotantes de SILPF que poderão ser próximas ou não de outras adotantes de sistemas de monocultura. No entanto, é necessário abordar também teorias que explicam de que modo os dois sistemas possam estar associados ou não espacialmente entre si.

3.1.2 A Nova Geografia Econômica

A partir da década de 1980, a Nova Geografia Econômica (NGE) surgiu como uma nova abordagem de pesquisa tratando dos retornos crescentes de escala e trazendo importantes inovações aos campos das ciências econômica e regional. Essa abordagem considera que a localização de uma atividade econômica é um fator explicativo para o desenvolvimento regional, e incorpora importantes elementos na compreensão das desigualdades entre as regiões. O espaço passa a ser importante para determinar as dinâmicas das atividades econômicas, dando-se maior atenção ao impacto da distância sobre os custos de transporte de bens e serviços e sobre a localização de sua produção (KRUGMAN, 1998).

Stege (2015) também aponta que, no contexto da NGE, dois grupos de variáveis são capazes de causar aglomeração (ou dispersão) de atividades no espaço, a saber: (i) variáveis de primeira natureza, que consideram características do meio natural, como clima, pluviosidade, tipo de solo, distância, latitude e longitude de cada região; (ii) variáveis de segunda natureza, que consideram fatores relacionados à mão-de-obra, demanda e economias externas puras.

Para elucidar elementos que influenciam no desenvolvimento regional, Krugman (1998) tratou dos conceitos de forças centrípetas, forças centrífugas e custo de transporte; conceitos estes ligados à teoria da organização industrial. Segundo o autor, existem fatores que motivam a ocorrência de diferentes crescimentos das atividades econômicas no espaço: forças que se inclinam à concentração dessas atividades (forças centrípetas) e forças que se inclinam à desconcentração das mesmas (forças centrífugas).

As forças centrípetas influenciam na formação e tamanho de mercado, uma vez que determinadas características (como baixos custos de transportes, retornos crescentes e externalidades positivas) beneficiam certa região. Estas forças (centrípetas) impulsionam a concentração espacial de atividades econômicas. Atenção especial é dada aos custos de transportes, visto que, quando atividades econômicas se localizam perto uma das outras, há redução nos custos de transportes, e, conseqüentemente, maximização dos lucros. Desta forma,

o custo de transportes é um fator que age como força centrípeta, estimulando a concentração de atividades em determinado local.

As forças centrífugas são alusivas à dispersão das atividades econômicas, normalmente por razões atreladas à alta concorrência de empresas, ausência de demanda, escassez de mão de obra e externalidades negativas. Quando uma região possui estas características, o investimento privado costuma ser escasso, e acontece menor crescimento econômico (KRUGMAN, 1998).

Como consequência dos padrões de aglomeração ou dispersão geográfica de processos e atividades, têm-se a formação (ou não) de *clusters*, ou seja, uma concentração de unidades produtivas, como empresas ou estabelecimentos agropecuários, que possuem características semelhantes e coabitam no mesmo local. Segundo Barros e Prates (2013), a NGE auxilia na assimilação de fatores atrelados à formação e diferenciação produtiva entre diferentes cidades e sugere algumas respostas aos seus diferentes níveis de crescimento e produtividade.

Nesta dissertação, algumas formulações da NGE serão utilizadas como ferramentas para averiguar o nível de concentração regional de estabelecimentos agropecuários brasileiros que usam Sistemas Agroflorestais, sendo que as localizações dos estabelecimentos agropecuários adotantes de SAFs e de seus vizinhos mais próximos que adotam ou não SAFs serão os elementos utilizados para definir a existência dos *clusters*. Além disso, como será detalhado ainda nesta seção da metodologia, serão empregadas nos modelos econométricos adotados algumas variáveis independentes tidas como de segunda ordem, referentes às características socioeconômicas dos estabelecimentos agropecuários e dos produtores. Estas variáveis explicativas possibilitarão identificar fatores que influenciam na adoção de Sistemas Agroflorestais pelos estabelecimentos agropecuários brasileiros.

3.1.3 Dados espaciais

Almeida, Perobelli e Ferreira (2008) salientam que o desenvolvimento da agricultura no espaço é complexo, uma vez que ele é influenciado por diferentes técnicas de produção que se atentam às condições edafoclimáticas existentes em cada local. Ainda assim, as implicações da interdependência entre diferentes localidades voltadas à produção agrícola podem ser percebidas de diversas maneiras, como a difusão espacial de determinados fenômenos que interferem no comportamento dos vizinhos e as competições espaciais entre atividades agropecuárias nas áreas de expansão da fronteira agrícola.

Segundo Anselin (1989), a análise de dados espaciais desempenha um papel central na tradição científica quantitativa em geografia, em que alguns elementos - como a localização,

área, distância e interação - são considerados focos da análise. Um dado espacial é, basicamente, aquele georreferenciado e que descreve fenômenos associados a alguma dimensão espacial. Ele é diferente dos dados não espaciais, pois esses últimos capturam a variação de um fenômeno, mas não consideram sua localização espacial. Já os dados espaciais capturam a mesma variação do fenômeno e suas ordenações num domínio do espaço ou do espaço-tempo (ALMEIDA, 2012).

Ainda segundo Anselin (1989), a dependência espacial pode ser observada por meio da noção de localização relativa, principalmente pelo fator distância. Assim, analisar as características das unidades espaciais possibilita identificar relações dentro e entre as regiões estudadas. Para melhor entendimento dessas características, é essencial a realização de uma análise exploratória de dados espaciais (AEDE).

Almeida, Perobelli e Ferreira (2008) ressaltam que o objetivo de uma AEDE é caracterizar os níveis de concentrações espaciais, observar se neles há existência de padrões similares que formam *clusters*, examinar possíveis regimes espaciais e instabilidades espaciais (não-estacionariedade), e até mesmo detectar observações atípicas (*outliers*). Bailey (1994) aponta que para realizar uma análise espacial pode-se produzir mapas da distribuição dos valores de certos indicadores selecionados para mensurar um fenômeno na área que está sendo analisada, bem como equações que expliquem os valores desses indicadores, e, assim, compreender melhor o fenômeno que se pretende investigar (como a adoção de SAFs pelos estabelecimentos agropecuários, no caso desta dissertação).

Alguns procedimentos são necessários para a implementação da AEDE. Primeiramente, deve-se definir uma matriz de pesos espaciais (W), como meio de retratar algum arranjo espacial existente entre os valores do indicador (ou variável) que está sendo analisado. Trata-se de uma matriz quadrada com dimensão $n \times n$, em que um peso espacial é utilizado para ponderar o grau de influência que as regiões exercem entre si. A contiguidade e a distância geográfica são os critérios possíveis de serem utilizados para a estruturação da mesma (ALMEIDA, 2012).

Parece coerente, por exemplo, considerar que as interações entre regiões vizinhas sejam mais intensas do que a interação entre regiões mais distantes. É por isso que a distância entre as regiões tem grande importância na composição da matriz W de pesos espaciais (ALMEIDA, PEROBELLI e FERREIRA, 2008).

A escolha da matriz de pesos espaciais é uma etapa determinante em uma AEDE, visto que a mesma influencia os resultados a serem analisados (ALMEIDA, PEROBELLI e

FERREIRA, 2008). Geralmente, as pesquisas que adotam esta metodologia testam os dados de acordo com dois tipos de matrizes: a de distância geográfica para k vizinhos mais próximos; e a de contiguidade.

No caso da matriz de contiguidade, é atribuído um valor unitário a duas regiões que são vizinhas. Caso contrário, define-se um valor nulo (ALMEIDA, 2012). De acordo com diferentes conceitos de fronteira geográfica, algumas convenções da contiguidade são estabelecidas em alusão às peças do jogo de xadrez: a rainha (*queen*), a torre (*rook*), e o bispo (*bishop*). As duas primeiras convenções são mais destacadas na literatura. Na matriz de distância geográfica, a proximidade é medida em quilômetros ou milhas¹. Neste caso, alguns trabalhos existentes na literatura (ver Cruz, 2018) testam as matrizes de 5, 7 e 10 vizinhos mais próximos.

Para evitar arbitrariedade na decisão de qual matriz se deve considerar na análise, serão testadas neste trabalho, assim como em Cruz (2018), os dois tipos de matrizes: as de distância geográfica para 5, 7 e 10 vizinhos mais próximos, além das matrizes de contiguidade torre e rainha. A matriz que apresentar o maior valor do coeficiente I de Moran e que seja estatisticamente significativa será adotada para representar a distribuição espacial dos Sistemas Agroflorestais².

3.1.4 Autocorrelação espacial global univariada

Para Almeida (2012), um coeficiente de autocorrelação espacial representa um agrupamento de dados ordenados numa certa sequência espacial. É uma medida capaz de informar a intensidade em que o valor de uma variável está influenciando o valor da mesma variável em seus vizinhos. A estatística I de Moran é um primeiro coeficiente de autocorrelação espacial elaborado com uso de uma medida de auto variância na forma de produto cruzado. Matricialmente, a mesma pode ser exposta da seguinte maneira:

$$I = \frac{n}{S_0} \cdot \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

Em que:

n = número de observações;

¹ Para mais detalhes, ver Almeida (2012).

² Conforme será apresentado na seção de resultados, a matriz escolhida foi a de 5 vizinhos, que além de apresentar maior valor do I de Moran, também garante que não haverá ilhas, isto é, regiões com nenhum vizinho (ALMEIDA, 2012).

z_t = vetor de valores da variável de interesse padronizada;

W = valores médios da variável de interesse padronizada dos vizinhos (matriz de peso);

S_0 = fator de escala referente à soma de todos os elementos de W .

Prucha e Kelegian (2001) contextualizam, para fins de interpretação, que a estatística do teste de I de Moran é equivalente à estatística do teste do multiplicador de Lagrange derivada de um modelo de regressão linear sem defasagem espacial. Luzardo, Castañeda Filho e Rubim (2017) ressaltam que a hipótese nula associada ao I de Moran é que não há dependência espacial (ou seja, há independência espacial) na associação dos dados e a hipótese alternativa é que há essa dependência espacial entre os dados. Como o I de Moran varia de -1 a +1, a hipótese nula é vigente quando o mesmo é muito próximo de zero. Para avaliar a significância estatística do I de Moran, os autores sugerem realizar um teste de pseudossignificância, com margem de confiança igual ou superior a 95%³. Para isso, podem ser geradas permutações dos valores dos atributos em relação à área. Cada permutação representa um novo arranjo espacial, em que os valores são redistribuídos entre as áreas e um novo resultado do índice é apresentado.

Outra abordagem para analisar o nível de interação espacial entre as regiões é por meio do diagrama de dispersão de Moran. Segundo Anselin (1995), trata-se de um gráfico em que o eixo horizontal contém o valor da variável em cada um dos locais, ao passo que o eixo vertical representa a mesma variável defasada espacialmente. Uma linha da regressão é traçada entre os pontos, de forma que o grau de inclinação dessa linha representa o coeficiente de dispersão (equivalente à fórmula do I de Moran).

Vale ressaltar que o diagrama de Moran Global é construído com os valores normalizados da variável⁴. Com isso, um gráfico de dispersão com quatro quadrantes é formado, sendo que cada um desses quadrantes representa um tipo de associação espacial:

- 1) Alto-Alto: associação positiva entre valores altos no quadrante superior direito;
- 2) Baixo-Baixo: associação positiva entre valores baixos no quadrante inferior esquerdo;
- 3) Alto-Baixo: associação negativa entre valores altos cercados por vizinhos com valores baixos no canto inferior direito; e
- 4) Baixo-Alto: associação negativa entre valores baixos cercados por vizinhos com valores altos no canto superior esquerdo.

³ Neste trabalho, o resultado do teste é apontado na nota da Tabela 6.

⁴ Valores normalizados são os valores originais subtraídos do valor médio global e divididos pelo desvio-padrão.

3.1.5 Autocorrelação espacial local univariada

Apesar de serem amplamente utilizados, os indicadores globais de autocorrelação espacial calculam um único valor como medida de associação espacial para todos os dados trabalhados. Quando a proposta é caracterizar a região como um todo, o objetivo pode ser perfeitamente alcançado com o uso de tais indicadores. Entretanto, quando se pretende analisar muitas áreas dentro de uma mesma região, é possível que as formas de associações espaciais sejam diferentes entre as mesmas. Surge então a necessidade de análises mais detalhadas para cada um dos padrões existentes (LUZARDO, CASTAÑEDA FILHO E RUBIM, 2017).

Há a possibilidade de ser encontrada uma ausência de correlação global para a variável de interesse, e ainda assim existir algum *cluster* concentrado ou disperso a níveis locais, de forma que o agrupamento dos dados aconteça em poucas regiões (ALMEIDA, 2012). Assim, Anselin (1995) sugere o *Local Indicators of Spatial Association (LISA)* como um indicador capaz de calcular valores específicos para cada área e observar possíveis formações de *clusters*, e, assim, identificar a interferência de locais individuais na estatística global. O LISA (ou *I* de Moran Local) pode ser calculado por meio da seguinte equação:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (2)$$

A equação (2) possui elementos bem parecidos aos da equação (1), o *I* de Moran global, de forma que:

z_i = cada uma das observações referentes à variável de interesse (padronizada);

W = valores médios da variável de interesse padronizada dos vizinhos (matriz de peso);

Σ_j = inclui apenas os vizinhos da observação i .

No presente trabalho, a associação espacial analisada será entre os Sistemas Agroflorestais adotados nos municípios do Brasil. Com base no indicador local, foram gerados os *clusters* apresentados na Figura 12.

3.1.6 Modelo econométrico

Por meio de modelos econométricos, este trabalho estimará o efeito que as variáveis independentes (relativas às características dos estabelecimentos agropecuários e de seus produtores, conforme será descrito no Quadro 3) exercem na variável dependente a ser adotada (que será o percentual de estabelecimentos que usam SAFs sobre o total existente de

estabelecimentos agropecuários). Com isso, torna-se possível mensurar os impactos dos fatores determinantes da adoção dos Sistemas Agroflorestais nos municípios brasileiros.

As variáveis independentes a serem usadas nas regressões foram selecionadas segundo a literatura revisada no item 2.4 e considerando os dados disponíveis nos Censos Agropecuários de 2006 e 2017. Adianta-se que, conforme será detalhado na próxima subseção 3.2, para contornar problemas no tratamento dos dados a níveis municipais, este trabalho trabalha com Áreas Mínimas Comparáveis (AMC): uma ferramenta que possibilita compatibilizar em uma mesma malha todos os municípios brasileiros para o ano de 2006 e para o ano de 2017.

O método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), bastante empregado para estimar equações, considera os desvios da variável dependente em relação ao seu valor esperado. Conforme exposto por Almeida (2012), é possível demonstrar que o estimador via MQO é o melhor estimador (mais eficiente) linear não viesado. Para empregar este método, segundo o Teorema de Gauss-Markov, é necessário que sejam cumpridos alguns pressupostos, entre eles: os regressores devem ser fixos; o erro deve ser aleatório e com média 0; há necessidade da presença de homoscedasticidade (quando a variância do erro é constante); não deve existir correlação entre os erros das observações; há necessidade de linearidade do modelo, de modo que os dados da variável dependente (que neste caso será o percentual de participação dos estabelecimentos que usam SAFs) devem ser gerados por um processo linear em relação às variáveis explicativas; e o termo de erro deve ter distribuição normal.

Entretanto, ainda segundo Almeida (2012), caso os dados apresentem relações espaciais entre eles, isso ocasiona dependência espacial (ou autocorrelação espacial) e heterogeneidade espacial das variáveis, que, por sua vez, não garante o cumprimento das hipóteses de Gauss-Markov do modelo clássico de regressão linear. Quando o termo de erro dos dados referentes a um estabelecimento agropecuário está correlacionado ao termo de erro dos dados de outro estabelecimento agropecuário, surge a denominada autocorrelação espacial. Isto inviabiliza uma das hipóteses do MQO, que pressupõe que o termo de erro relacionado a qualquer uma das observações não seja influenciado pelo termo de erro de qualquer outra observação.

Existem algumas formas de organizar as informações das unidades amostrais utilizadas em um modelo econométrico. Neste trabalho será utilizado um painel com dados municipais referentes aos anos de 2006 e 2017. Esta forma de organização de dados possibilita uma modelagem mais acurada do fenômeno estudado, quando comparado ao modelo com dados *cross-section*. Isso porque através de dados em painel são capturadas características individuais

e temporais das variáveis analisadas, além da maior habilidade em controlar efeitos da dependência e da heterogeneidade espaciais (GUJARATI, 2006).

Uma vez constatada a presença de dependência espacial entre as observações a serem analisadas, presume-se que o comportamento dos dados não é estável através do espaço. Nesse caso, faz-se necessária uma análise minuciosa para averiguar se é possível lidar com a dependência espacial por meio de modelos econométricos convencionais ou se é necessário empregar modelos econométricos espaciais.

Os modelos convencionais usando painel de dados são capazes de acomodar apenas o efeito espacial representado pela heterogeneidade espacial; são os chamados modelos de efeitos não observados, que incorporam de maneira apropriada a heterogeneidade não observada e a dependência espacial (ALMEIDA, 2012).

Os dados em painéis convencionais - que não fazem uso de componentes espaciais - podem ser divididos em diferentes modelos, sendo que cada um deles possui características próprias de estimação:

- MQO *Pooled* ou dados empilhados - considera que o intercepto do modelo e seus coeficientes angulares são constantes no tempo e no espaço. Este tratamento não é o mais adequado quando há efeitos individuais no modelo. Para isso, é necessário empregar os modelos de efeito fixo ou de efeito aleatório;
- Efeitos Fixos - considera que os coeficientes angulares são constantes, e o intercepto varia entre os indivíduos ou no tempo;
- Efeitos aleatórios - considera que o intercepto possui um valor médio para todos os indivíduos, e os coeficientes angulares variam com o tempo e também entre os indivíduos.

Almeida (2012) aponta que antes de se estimar algum modelo espacial com efeitos não observados, devem ser realizados alguns procedimentos para confirmar que a inclusão dos efeitos não observados é apropriada. Esses procedimentos são: (1) Realizar o teste de Breush-Pagan para saber se há presença de efeitos individuais no modelo; (2) Realizar o teste Hausman para descobrir qual dos efeitos (fixo ou aleatório) deve ser considerado; (3) Estimar o modelo indicado pelo teste Hausman sem dependência espacial; (4) Verificar se os resíduos apresentam dependência espacial; (5) Se os resíduos não apresentarem dependência espacial, o processo se encerra nessa fase; (6) Caso os resíduos apresentem dependência espacial, deve-se estimar os modelos não-observados com dependência espacial; (7) Após a etapa anterior, escolher o melhor modelo com base em dois critérios: (7.1) Resíduos do modelo não apresentem autocorrelação espacial; (7.2) O modelo apresenta menor critério de informação.

Enquanto os dados forem tratados de forma convencional (não espacial), deve-se observar se há presença de efeitos individuais nos modelos de dados em painéis. Na presença desses efeitos, os modelos devem então ser estimados por meio de efeitos fixos ou aleatórios. Assim, o primeiro passo é verificar se a melhor forma de estimar o painel é apenas empilhando os dados ou se devem ser considerados os efeitos individuais. Para isso, utiliza-se o teste de Breush e Pagan, que é um teste do tipo Multiplicador de Lagrange, e cuja hipótese nula é que o modelo não possui efeitos individuais (GUJARATI, 2006).

Quando rejeitada a hipótese nula do teste de Breush e Pagan, utiliza-se o teste de Hausman para decidir se são os efeitos fixos ou os aleatórios que devem ser adotados. A condição da hipótese nula deste teste considera consistência dos estimadores de efeitos aleatórios. Por outro lado, quando há diferenças significativas entre elas, presume-se inconsistência dos estimadores de efeitos aleatórios devido à possível correlação entre os efeitos não observados e as variáveis explicativas do modelo. Neste caso, devem ser empregados os efeitos fixos (MUTL e PFAFFERMAYR, 2011).

Depois de escolhido o tratamento não-espacial mais adequado, é necessário verificar se o mesmo manifesta presença de autocorrelação espacial. Para esta fase de testes, primeiro pode ser utilizado o teste de I de Moran Global, que é um teste difuso adaptado para o contexto da análise da regressão linear que possibilita detectar se há autocorrelação espacial nos resíduos (ALMEIDA, 2012). Conforme será apresentado na seção de resultados, a matriz de peso que apresentar melhor desempenho para a base de dados deste trabalho, ou seja, aquela que capturar o máximo de relação espacial é a que será utilizada para implementação dos testes de identificação de autocorrelação espacial.

Quando o teste de I de Moran apontar a existência de autocorrelação espacial, recomenda-se o uso de testes focados que apresentem indicação do processo estocástico gerador da autocorrelação. É o caso do Multiplicador de Lagrange para detecção de erro espacial, que testa a viabilidade do erro autorregressivo ser incorporado ao modelo econométrico, e o Multiplicador de Lagrange para detecção de defasagem espacial, que testa a viabilidade da defasagem espacial ser incorporada ao modelo econométrico (FLORAX e GRAFF, 2004).

Caso ambos os testes da defasagem espacial e do erro autorregressivo sejam estatisticamente significativos, devem ser calculadas as versões robustas desses testes. Enquanto a versão convencional do Multiplicador de Lagrange testa os resíduos do modelo sem efeito espacial, a versão robusta do mesmo teste é baseada nos resíduos do modelo de defasagem espacial ou erro autorregressivo espacial (ELHORST, 2014).

Segundo Millo e Piras (2012), quando constatado que os dados são espacialmente referenciados, e o fator localização influencia nas características individuais das unidades observacionais, deve-se recorrer ao uso da econometria espacial. Para isso, existem diversos modelos econométricos que atrelam os dados em painel à estrutura espacial, tanto para efeitos fixos quanto para efeitos aleatórios, como: modelos com erro espacial (SEM), modelos de defasagem espacial (SAR), e modelos mistos de erro e defasagem espacial (SARAR).

A escolha do melhor modelo econométrico-espacial depende dos aspectos teóricos e empíricos envolvendo o processo de dependência espacial subjacente ao fenômeno estudado (neste caso o arranjo espacial dos Sistemas Agroflorestais no Brasil). Assim, foram adotados testes e procedimentos propostos por autores estudiosos da metodologia em questão. Almeida (2012) ressalta ainda que o melhor modelo especificado não deve conter autocorrelação espacial nos seus resíduos e deve apresentar os menores critérios de informação Akaike e BIC.

De forma geral, os modelos de dados em painel com dependência espacial podem ser representados por:

$$Y_{it} = \rho WY_{it} + X_{it}\beta + WX_{it}\tau + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda W\varepsilon_{it} + e_{it}$$

Em que:

Y_{it} = variável dependente (que nesta dissertação será a participação (%) dos estabelecimentos que usam SAFs em relação a todos estabelecimentos agropecuários do Brasil);

X_{it} = vetor das variáveis independentes (que serão descritas no Quadro 3);

W = Matriz quadrada de pesos espaciais;

WY_{it} = Defasagem espacial da variável dependente para a AMC i no tempo t ;

WX_{it} = Defasagem espacial das variáveis explicativas para a AMC i no tempo t ;

$W\varepsilon_{it}$ = Defasagem espacial dos termos de erro;

τ = Vetor de coeficientes espaciais;

ρ e λ = Escalares espaciais.

A partir da equação 3, é possível estimar diversos modelos usando dados de painel com dependência espacial a partir da imposição de diferentes restrições aos parâmetros espaciais da equação. O estimador utilizado para tratamento dos efeitos fixos e da defasagem espacial dos dados dessa dissertação será o método ‘*within*’, que é baseado em desvios da média ‘dentro’ de grupos compostos pelas unidades de corte transversal (ALMEIDA, 2012). Os modelos

espaciais estimados por meio do estimador *within* que são mais adotados pela literatura, inclusive por Millo e Piras (2012), são:

- Modelo SAR (*Spatial Autoregressive*), que considera apenas a dependência espacial da variável dependente. A multidirecionalidade da dependência espacial faz com que a variável endógena de determinada região seja determinada pelos valores das variáveis dependentes observados na vizinhança, pelos valores das variáveis explicativas exógenas e pelo termo de erro.
- Modelo SEM (*Spacial Error Model*), que considera apenas a dependência espacial dos termos do erro. O significado deste modelo é que o padrão espacial contido no termo do erro é causado por efeitos não modelados que não são distribuídos aleatoriamente no espaço, e, portanto, são espacialmente autocorrelacionados. Tais efeitos não modelados não devem estar correlacionados com as variáveis independentes (exógenas) do modelo.
- Modelo SAC ou SARAR (*Spatial Autoregressive Model with Autoregressive Disturbances*), que considera a defasagem do erro e a defasagem da variável dependente. É utilizado em fenômenos cuja dependência espacial é manifestada tanto na variável dependente quanto na forma de erros autocorrelacionados espacialmente.

Conforme será apresentado na seção de resultados, as estimativas desses três modelos serão comparadas e analisadas para cada uma das variáveis explicativas que foram empregadas. Adianta-se que os testes realizados (propostos pela literatura para modelos de painéis espaciais) indicaram que o melhor modelo para o tratamento dos dados utilizados neste trabalho é o SARAR.

Uma vez estimados os coeficientes das variáveis independentes e das variáveis independentes defasadas espacialmente, faz-se necessário calcular os impactos que essas variáveis exercem sobre a adoção dos SAFs pelos estabelecimentos agropecuários. No caso do modelo SARAR, os coeficientes da regressão não correspondem aos impactos dos efeitos marginais sobre a variável dependente.

Os efeitos marginais podem ser divididos em efeitos diretos e efeitos indiretos. Os efeitos diretos são utilizados para verificar se determinada característica de uma unidade espacial tem algum efeito significativo sobre a variável dependente da própria unidade espacial. A razão pela qual os efeitos diretos das variáveis explicativas são diferentes das estimativas de seus coeficientes é devido aos efeitos *feedback*, que surgem como resultado dos impactos que passam pelos municípios vizinhos e voltam aos próprios municípios. Já os efeitos indiretos

permitem observar se a variável dependente de uma unidade espacial sofre algum efeito em razão das características de seus vizinhos. Através do efeito indireto, em especial avaliando sua significância estatística, é possível identificar se há existência (ou não) de transbordamento espacial do fenômeno estudado (ELHORST, 2012).

No caso deste trabalho, caso ocorra alguma modificação em alguma variável do estabelecimento agropecuário, isso influenciará não apenas na adoção de SAFs do próprio estabelecimento agropecuário, mas também na adoção de SAFs dos estabelecimentos agropecuários vizinhos. Para realizar esses cálculos, que levam em conta o transbordamento das variáveis dependente e independentes, vale ressaltar a expressão (4), referente à matriz de derivadas parciais:

$$[I - \delta W]^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial E(y_1)}{\partial x_{1k}} & \dots & \frac{\partial E(y_1)}{\partial x_{Nk}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial E(y_N)}{\partial x_{1k}} & \dots & \frac{\partial E(y_N)}{\partial x_{Nk}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Sendo que:

I = Matriz identidade de ordem n , sendo n o número de unidades do modelo (áreas mínimas comparáveis neste caso);

x_k = Coeficientes associados às variáveis explicativas do modelo;

y_N = Coeficientes associados à variável dependente do modelo;

δW = Produto da matriz de pesos espaciais por cada um dos coeficientes associados às variáveis explicativas defasadas (Y_N e ϵ_N).

A matriz de derivadas parciais da expressão (4) possibilita a interpretação dos impactos (ou efeitos marginais): os elementos da diagonal principal são alusivos aos efeitos diretos; e os demais elementos (fora da diagonal principal) são alusivos aos efeitos indiretos (ELHORST, 2014).

3.2 Fonte e tratamento dos dados

Esta dissertação faz uso de dados da pesquisa Rede ILPF e dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017.

Quando se fala em números de sistemas produtivos de integração no Brasil, não é incomum que aconteça alguma imprecisão acerca de qual modalidade de sistema integrado esses números estão se referindo. Para se diagnosticar como a evolução da implantação destes sistemas vêm acontecendo no cenário nacional, buscou-se esclarecer a respeito das definições

de cada um desses termos e como eles estão distribuídos ao longo do Brasil. Para esse fim, além dos dados do Censo Agropecuário, também serão utilizados dados da pesquisa da associação Rede ILPF.

Durante a safra de 2015/2016, a Rede ILPF⁵ encomendou à *Kleff Mann Group* uma pesquisa sobre as áreas e os estabelecimentos agropecuários adeptos aos sistemas de ILPF, e teve como acompanhamento técnico a equipe da Embrapa Meio Ambiente. A pesquisa foi motivada pela falta de dados oficiais do Brasil sobre os SILPF e pelo déficit de informações adicionais, como a proporção dos sistemas adotados e os motivos que levaram os produtores a adotarem tais sistemas (Rede ILPF, 2020). É importante esclarecer que, apesar da nomenclatura da associação fazer referência apenas à modalidade ILPF, suas pesquisas abrangem estabelecimentos agropecuários que fazem uso das quatro modalidades de Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta: ILP, ILF, IPF e ILPF.

A metodologia adotada para a realização da pesquisa compreendeu entrevistar 7.909 produtores rurais, dos quais: 3.105 eram pecuaristas de leite e de corte, 2.958 eram produtores de soja e 1.846 eram produtores de milho. A pesquisa levou em conta dois tipos de perspectivas: a dos produtores de grãos que já agregavam ou pretendiam agregar às atividades pecuárias e/ou florestais; e a perspectiva de pecuaristas que já agregavam ou pretendiam agregar à produção de grãos e/ou floresta (EMBRAPA, 2020b).

A pesquisa deu origem a uma publicação da Embrapa intitulada ‘ILPF em Números’ (ver EMBRAPA, 2016) e a uma Nota Técnica formulada pela Rede ILPF (ver REDE ILPF, 2020) que simula alguns cenários para os próximos anos no Brasil. Ambos os documentos foram utilizados como base para a síntese que será realizada neste trabalho.

Os dados dos Censos Agropecuários dos anos de 2006 e 2017 permitem analisar a qualidade das terras dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, as finalidades designadas a elas nesses anos, bem como as adoções (ou não) de Sistemas Agroflorestais (SAFs) e a relação entre tais adoções e o melhoramento das pastagens degradadas, as quais ao se utilizar SAFs permitem a sua recuperação.

A respeito dos dados dos Censos Agropecuários, é importante ressaltar que o termo utilizado pelo IBGE para nomear as áreas e os estabelecimentos que possuíam sistemas de integração é ‘Sistemas Agroflorestais’. Considerou-se a área dos estabelecimentos

⁵A Rede Fomento ILPF é uma parceria público-privada formada pelas empresas Bradesco, Ceptis, Cocamar, John Deere, Soesp, Syngenta e Embrapa, que teve início em 2012 e busca incentivar a adoção de SILPF por produtores rurais como ferramenta para alcançar a intensificação sustentável da agricultura brasileira.

agropecuários ocupadas por Sistemas Agroflorestais, classificada pelo Censo como uma subcategoria de tipos de ‘Utilização da terra’, tanto no ano de 2006 como no ano de 2017.

Vale ressaltar que, conforme será detalhado na seção de resultados, há significativa divergência entre as dimensões dos SILPF apontada pela Rede ILPF e as dos SAFs evidenciada pelos Censos Agropecuários (IBGE) ao longo das grandes regiões do Brasil. Isto se deve, em partes, às metodologias utilizadas para levantamento desses dados, que foram diferentes entre as duas instituições. Por isso, esses dados serão analisados de forma separada para permitir uma adequada caracterização da localização das propriedades que adotam SILPF no Brasil.

Apesar de os dados da Rede ILPF terem sido coletados por meio de uma pesquisa menos abrangente (do que os Censos Agropecuários), com apenas uma amostra de produtores, as informações daquela pesquisa são importantes e com alguns detalhamentos, como a segmentação das modalidades dos SILPF adotados, as razões que levaram à implementação dos sistemas de integração, perspectivas dos produtores, entre outras informações disponibilizadas a nível regional. Por outro lado, os dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 apresentam informações, ainda que não tão detalhadas quanto às da Rede ILPF, que foram coletadas por meio de questionários aplicados a todos os estabelecimentos agropecuários de todos os municípios brasileiros, o que garante maior robustez aos dados e permite estimar modelos econométricos com dados a níveis municipais. Portanto, será importante utilizar os dados de ambas as fontes nesta dissertação.

Entre os objetivos específicos dessa dissertação, tem-se o de analisar a evolução e a distribuição dos SILPF no Brasil. Para cumprimento desse objetivo, serão utilizados os dados da Rede ILPF, que possibilitarão observar: a evolução das áreas com adoção de SILPF entre os anos de 2005 e 2015; e como se deu a distribuição dessas áreas no território nacional no ano de 2015.

Outro objetivo específico desta dissertação propõe evidenciar e analisar a existência (ou não) de *clusters* de unidades produtivas e áreas que adotavam os Sistemas Agroflorestais. Para esta etapa serão utilizados os dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, que apresentam o número de estabelecimentos agropecuários e de áreas agrícolas, por município, que se intitulavam como adotantes de Sistemas Agroflorestais. Serão utilizadas 4 variáveis para produção dos mapas com a apresentação dos *clusters* de Sistemas Agroflorestais: Área com SAFs – valor absoluto; Área com SAFs – valor percentual; Estabelecimento com SAFs – valor absoluto; Estabelecimentos com SAFs – valor percentual. Os dados referentes a essas 4 variáveis foram coletados no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA).

Para calcular o *I* de Moran e os possíveis *clusters* das AMCs, foi utilizado o *software* GeoDa. Entretanto, deparou-se com um problema: entre os anos de 2006 e 2017, novos municípios foram criados no território brasileiro. Logo, o número de municípios existentes no Censo 2017 era diferente do número de municípios existentes no Censo Agropecuário de 2006. Isso gerou problemas quando se tentou realizar as comparações a níveis estaduais. Para contornar este problema, trabalhou-se com Áreas Mínimas Comparáveis (AMC), uma forma de tornar possível a comparação por meio da união dos valores referentes aos municípios criados. Desta forma, com a ajuda do *software* QGIS, foi criada uma malha compatibilizada dos municípios brasileiros para ambos os anos, gerando assim uma nova rede com 5.566 AMCs.

Por fim, para atender ao objetivo específico de identificar fatores que influenciem na adoção dos Sistemas Agroflorestais nos estabelecimentos agropecuários brasileiros, também serão utilizados os dados dos Censos agropecuários dos anos de 2006 e de 2017 por área mínima comparável (AMC), tanto para a variável dependente, como para as variáveis independentes. Esses dados foram empregados no modelo econométrico, que foi estimado por meio do *software* R.

Dentre as quatro variáveis possíveis de serem utilizadas como variável dependente nos modelos econométricos para representar a adoção dos Sistemas Agroflorestais (a saber, Área com SAFs – valor absoluto; Área com SAFs – valor percentual; Estabelecimento com SAFs – valor absoluto; ou Estabelecimentos com SAFs – valor percentual), a variável escolhida será: ‘Estabelecimento com SAFs – valor percentual’, que é a participação (%) dos estabelecimentos agropecuários que usam SAFs em relação ao total de estabelecimentos agropecuários existentes na AMC. A escolha desta variável se deu com base em dois aspectos: 1) as variáveis com valores percentuais (como é o caso da variável escolhida) capturam melhor a importância que os SAFs ocupam nas AMCs frente ao número total de áreas ou estabelecimentos agropecuários das mesmas AMCs; 2) a variável escolhida foi a que gerou melhores ajustes dos modelos econométricos (maior número de coeficientes associados a variáveis explicativas com significância estatística), se comparado com as regressões usando as outras três variáveis alternativas para a variável dependente.

O Quadro 3 apresenta as variáveis explicativas que serão utilizadas para explicar a variável dependente supracitada. As variáveis descritas no Quadro 3 se baseiam na literatura revista no item 2.3 e na disponibilidade de dados existentes nos Censos Agropecuários. As observações dessas variáveis contemplam os estabelecimentos agropecuários brasileiros e foram tomadas a nível de AMCs.

Variáveis	Descrição de como a variável será empregada no modelo	Literatura que aborda o uso da variável	Sinal esperado
Nível educacional do produtor	Percentual (%) de estabelecimentos da AMC cujo produtor tenha cursado ensino médio completo ou ensino superior	Gil, Berger e Garret (2016); Santos et al. (2014); Schembergue et al. (2017)	+
Idade do produtor	Percentual (%) de estabelecimentos da AMC em que a idade do produtor seja igual ou maior que 45 anos	Vinholis et al. (2020); Santos et al. (2014)	+
Orientação técnica	Percentual (%) de estabelecimentos que recebem algum tipo de orientação técnica (oriunda do Governo, empresa privada, ONGs, etc.), por AMC	Gil, Berger e Garret (2016); Vinholis et al. (2020); Poccardi-Chapuis et al. (2014); Santos et al. (2014); Schembergue et al. (2017)	+
Associação do produtor à cooperativa ou entidade de classe	Percentual (%) de estabelecimentos em que o produtor é associado em cooperativas e/ou sindicatos e/ou associações (de moradores ou de produtores), por AMC	Gil, Berger e Garret (2016); Santos et al. (2014); Vinholis et al. (2020); Schembergue et al. (2017)	+
Posse estável da terra	Percentual (%) de estabelecimentos em que o produtor é proprietário da terra, por AMC	Gil, Berger e Garret (2016); Vinholis et al. (2020); Santos et al. (2014); Schembergue et al. (2017)	+
Tamanho médio dos estabelecimentos	Área agrícola da AMC (ha) / número de estabelecimentos da AMC (unidades)	Gil, Berger e Garret (2016); Vinholis et al. (2020);	Varia, a depender do tipo de sistema de integração
Relação terra/trabalho	Área agrícola da AMC (ha) / pessoal ocupado (com e sem laço de parentesco com o agricultor) em estabelecimentos agropecuários na AMC (pessoas)	Gil, Berger e Garret (2016); Vinholis et al. (2020)	–
Relação terra/capital	Área agrícola da AMC (ha) / número de máquinas e equipamentos agrícolas na AMC (unidades)	Vinholis et al. (2020); Guarino e Noronha (2020)	–
Rebanho	Número de cabeças do rebanho na AMC (cabeças) / Área agrícola da AMC (ha)	Vinholis et al. (2020)	–
Atividade econômica do estabelecimento - Pecuária	Percentual (%) de estabelecimentos cuja Atividade Econômica Principal é a pecuária e criação de outros animais, por AMC	Vinholis et al. (2020)	Os autores não mencionam o tipo de influência desta variável na adoção de SAFs
Atividade econômica do estabelecimento - Lavoura	Percentual (%) de estabelecimentos cuja Atividade Econômica Principal é a produção de lavouras (temporárias e/ou permanentes), por AMC	Vinholis et al. (2020)	Os autores não mencionam o tipo de influência desta variável na adoção de SAF
Atividade econômica do estabelecimento - Floresta	Percentual (%) de estabelecimentos cuja Atividade Econômica Principal é a produção ou exploração florestal (florestas naturais e/ou plantadas), por AMC	Vinholis et al. (2020)	Os autores não mencionam o tipo desta influência da variável na adoção de SAFs

Produção agropecuária	Valor da produção agropecuária da AMC (R\$) / Área agrícola da AMC (ha)	Vinholis et al. (2020); Gil, Berger e Garret (2016)	Não há um consenso claro entre os autores sobre a influência desta variável na adoção de SAFs
Crédito rural	Percentual (%) de estabelecimentos que obtiveram algum tipo de financiamento, por AMC	Gil, Berger e Garret (2016); Vinholis et al. (2020); Poccardi-Chapuis et al. (2014); Santos et al. (2014); Schembergue et al. (2017)	+
Agricultura familiar	Percentual (%) de estabelecimentos que produzem por meio de agricultura familiar, por AMC	Vinholis et al. (2020)	–
Boas práticas agrícolas	Percentual (%) de estabelecimentos na AMC que adotavam boas práticas agrícolas, como plantio em nível, rotação de culturas, recuperação de mata ciliar, reflorestamento para proteção de nascentes, entre outras práticas agrícolas	Vinholis et al. (2020)	+
Pastagens degradadas	Áreas cobertas por pastagens plantadas que se encontravam degradadas na AMC (ha) / Área agrícola da AMC (ha)	Macedo (2013); Balbino et al. (2011)	+
Região Norte	Variável <i>dummy</i> que assume valor 1, se a AMC está localizada na região Norte, e 0, caso contrário	De acordo com a NGE, a localização pode ser um fator explicativo para aglomeração ou dispersão de atividades no espaço, ver Stege (2015)	–
Região Sul	Variável <i>dummy</i> que assume valor 1, se a AMC está localizada na região Sul, e 0, caso contrário	De acordo com a NGE, a localização pode ser um fator explicativo para aglomeração ou dispersão de atividades no espaço, ver Stege (2015)	–
Região Sudeste	Variável <i>dummy</i> que assume valor 1, se a AMC está localizada na região Sudeste, e 0, caso contrário	De acordo com a NGE, a localização pode ser um fator explicativo para aglomeração ou dispersão de atividades no espaço, ver Stege (2015)	–
Região Centro-Oeste	Variável <i>dummy</i> que assume valor 1, se a AMC está localizada na região Centro-Oeste, e 0, caso contrário	De acordo com a NGE, a localização pode ser um fator explicativo para aglomeração ou dispersão de atividades no espaço, ver Stege (2015)	–

Quadro 3 - Variáveis independentes que serão utilizadas no modelo econométrico

Fonte: Elaboração própria do autor com base nos dados da pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo compõe-se de quatro seções. Inicialmente (seção 4.1) são destacadas as mudanças na utilização das terras dentro dos estabelecimentos agropecuários do Brasil entre os anos de 2006 e 2017, identificando as categorias de terras que mais tiveram ganhos de áreas e as que perderam. Atenção especial é dada a mudanças na área ocupada com pastagens e suas condições, uma vez que os SAFs permitem recuperar pastagens degradadas. Assim, a análise mais pormenorizada sobre o grau de degradação das pastagens e de sua distribuição nacional é o foco da seção 4.2. A seção 4.3 aborda, em sua primeira parte, a evolução dos sistemas de integração no Brasil, apresentando os resultados da pesquisa realizada pela Rede ILPF no ano de 2015. Em sua segunda parte, a seção 4.3 apresenta a análise dos dados sobre os Sistemas Agroflorestais com base nos Censos Agropecuários para os anos de 2006 e de 2017. Esses últimos são desagregados por tipo de estabelecimento agropecuário (familiar *versus* não-familiar) e por principal atividade econômica exercida nos estabelecimentos. A seção 4.4 apresenta e analisa os mapas dos *clusters* dos Sistemas Agroflorestais por categorias nos anos de 2006 e 2017 (esses mapas foram construídos considerando AMCs entre esses anos). A seção 4.5 discute alguns aspectos referentes à ampliação da preocupação ambiental no Brasil e como ela afetou a adoção de políticas com este intuito, em especial a adoção de SAFs. A seção 4.6 apresenta os resultados das estimativas econométricas realizadas para quantificar os principais determinantes da adoção de SAFs pelos estabelecimentos agropecuários.

4.1 Mudanças na utilização das terras

Os resultados do Censo Agropecuário de 2017, quando comparados com os de 2006, apontam que houve no Brasil entre esses anos a diminuição do número e o aumento da área total dos estabelecimentos agropecuários. No ano de 2017, o país apresentava 5.073.324 estabelecimentos agropecuários (uma redução de aproximadamente 2% em relação ao número de estabelecimentos existentes em 2006), que abrangiam uma área de 351.289.816 hectares (aumento de 5% se comparado à área existente em 2006).

Quanto à utilização da área destinada à agropecuária entre esses anos (ver Figura 1), observa-se que, enquanto as áreas destinadas ao cultivo de lavouras temporárias apresentaram aumento de 14%, aquelas destinadas à lavoura permanente apresentaram variação negativa (queda de 33,5%). As áreas com pastagens plantadas tiveram aumento de 9,5%, e as áreas com pastagens naturais reduziram-se em cerca de 18%. Esses números indicam que os arranjos produtivos do país estão se alterando: as pastagens naturais perdem força, ao passo que se

ampliam as pastagens plantadas, e as lavouras permanentes perdem espaço para as lavouras temporárias.

As matas plantadas⁶ tiveram variação positiva de quase 83% entre 2006 e 2017, e as matas naturais⁷ tiveram variação de quase 12% nesse mesmo período analisado. As florestas plantadas, que possuem finalidades econômicas, também diminuem a pressão sobre o uso das florestas nativas, que, por conseguinte, protegem e recuperam os serviços ecossistêmicos da região. Nos últimos 50 anos, houve aumento⁸ de estoque de matas plantadas no Brasil, segundo a evolução apontada pelos Censos Agropecuários. Em 1975 eram 2,8 milhões de hectares plantados com árvores. Em 1995 eram 5,4 milhões de ha; em 2006 houve leve redução para 4,73 milhões de ha, e, finalmente, em 2017 eram 8,66 milhões de hectares (IBGE, 2019).

Figura 1 - Utilização das terras brasileiras nos anos de 2006 e 2017, em milhões de ha

Fonte: Elaboração própria com base nos dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 (IBGE, 2020a; 2020b).

⁶ As matas plantadas correspondem às áreas cobertas por florestas plantadas com espécies florestais nativas ou exóticas para fins comerciais ou biológicos, usadas para a produção de madeiras ou proteção ambiental (IBGE, 2019).

⁷ As matas naturais correspondem às áreas cobertas por matas utilizadas para extração vegetal e por florestas naturais não plantadas, sem considerar as áreas de preservação permanentes ou Sistemas Agroflorestais (IBGE, 2019).

⁸ Apesar desse aumento das matas plantadas apontadas pelos Censos Agropecuários, quando analisada a área brasileira total destinada às florestas (os Censos pesquisam apenas as áreas voltadas às atividades agropecuárias), o relatório da FAO (2016) aponta que, entre 2010 e 2015, o Brasil foi o país que apresentou a maior perda líquida da área florestal no mundo: uma redução de 984 mil hectares de florestas naturais.

Pelo fato de as pastagens plantadas gerarem maior capacidade de suporte de animais, elas vêm substituindo as pastagens naturais desde 1970. Entre 2006 e 2017, a área brasileira coberta com pastagens plantadas cresceu de 102,41 milhões de ha para 112,17 milhões de ha, respectivamente; enquanto a área com pastagens naturais passou de 57,63 para 47,32 milhões de ha, respectivamente, entre 2006 e 2017. A área de pastagens plantadas apresentou variação positiva de 9,54%, sendo que as pastagens em boas condições apresentaram crescimento de 8,44% e as pastagens degradadas crescimento de 19,76% (ver Tabela 1).

A região Norte teve bom desempenho nesse quesito: aumento de 34,20% da área de pastagens em boas condições e apenas 1,40% de aumento da área com pastagens degradadas entre os anos de 2006 e 2017. Ao contrário da região Norte, o Nordeste teve o pior desempenho entre as regiões quanto ao fenômeno considerado: decréscimo de 8,11% da área com pastagens em boas condições e aumento de 82,59% da área com pastagens degradadas. O Sudeste apresentou variação positiva tanto de pastagens degradadas (10,45%), como de pastagens em boas condições (41,40%). O Sul conseguiu reduzir em 44,31% suas áreas com pastagens degradadas e aumentar em 19,40% as áreas com pastagens em boas condições. O Centro-Oeste foi a única região que reduziu ambas as áreas com pastagem: a degradada (queda de 12,21%) e a em boas condições (redução de 0,06%) entre os anos de 2006 e 2017.

Tabela 1 - Evolução da pastagem plantada (ha) nos Períodos de 2006 e 2017, por regiões, Brasil.

Utilização das Terras (ha)	Região					
	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
2006						
Boas Condições	92.503.261	18.695.411	12.337.818	15.207.612	4.390.914	41.871.505
Degradadas	9.905.612	2.195.351	2.238.246	1.662.819	452.128	3.357.069
Total	102.408.873	20.890.762	14.576.064	16.870.431	4.843.042	45.228.574
2017						
Boas Condições	100.311.258	25.089.244	11.336.806	16.796.319	5.242.636	41.846.253
Degradadas	11.862.890	2.226.155	4.086.739	2.351.154	251.797	2.947.046
Total	112.174.248	27.315.399	15.423.545	19.147.473	5.494.433	44.793.299
Variação (%)						
Boas Condições	8,44	34,20	-8,11	10,45	19,40	-0,06
Degradadas	19,76	1,40	82,59	41,40	-44,31	-12,21
Total	9,54	30,75	5,81	13,50	13,45	-0,96

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

A Figura 2 sintetiza o panorama geral das principais transformações ocorridas no uso de terras pelos estabelecimentos agropecuários do Brasil entre os anos de 2006 e 2017. São

apresentadas as variações percentuais de cada região do país quanto ao uso de suas terras. Em relação às pastagens naturais, o Brasil como um todo teve queda de aproximadamente 18% entre os anos de 2006 e 2017. Entre as grandes regiões, o Sudeste lidera essa proporção (com queda de 27%), seguido do Nordeste (-24%), Centro-Oeste (-15%), Sul (-12%) e Norte (-1%).

O Nordeste foi a única região que apresentou, entre os anos de 2006 e 2017, variação negativa quanto a sua área total dedicada à exploração agropecuária, além de ser a região que mais reduziu a área ocupada com lavouras. Em contrapartida, o Centro-Oeste teve destaque pela notável ampliação de sua área destinada a lavouras e por ser a única região que teve perda de pastagem plantada no período em análise. O Norte foi a região com maior aumento da área total de terras dos estabelecimentos agropecuários e com maior ampliação de pastagens plantadas. O Sudeste apresentou as maiores perdas de pastagens naturais e os maiores ganhos de áreas com matas e florestas. O Sul obteve ganhos e perdas de áreas para as mesmas finalidades que se observou para a maioria das demais regiões.

Figura 2 - Variação (%) da utilização das terras 2006/2017, por regiões, Brasil.
Retirado de: IBGE (2019).

4.2 A degradação das pastagens

A degradação de pastagens é um fenômeno que ocorre a nível mundial. Avalia-se que cerca de 20% das pastagens mundiais, sejam elas naturais ou plantadas, estejam degradadas ou em processo de degradação (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2004 *apud* DIAS, 2014). Uma das principais causas da degradação de pastagens é o seu manejo inadequado, sobretudo quando há excesso na lotação animal por hectare.

A mensuração da área de pastagens degradadas no Brasil é realizada por algumas pesquisas. Todavia, os números encontrados por elas acabam sendo divergentes entre si, em razão do método que cada pesquisa (ou entidade) utiliza para considerar se as áreas estão ou não estão em processo de degradação.

Os dados do LAPIG (2020), vinculado ao Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), apontam que o Brasil possui 95,8 milhões de hectares de pastagens com indício de degradação. Já um estudo divulgado pela Embrapa Cerrados (OLIVEIRA et al., 2013) indica que mais de 100 milhões de hectares destinados à produção pecuária estariam em nível de degradação forte ou moderado. Por fim, o IBGE (2019), por meio do levantamento do Censo Agropecuário de 2017, menciona que dentre a área de pastagens plantadas (que representam 70% da área total de pastagens), cerca de 12 milhões de hectares eram constituídos por terras degradadas (ver Tabela 1).

Não obstante as diferenças de magnitudes, as informações do LAPIG (2020) convergem para o mesmo cenário traçado pelos Censos Agropecuários, ou seja, o Nordeste é a região do Brasil com maior concentração de áreas com pastagens degradadas (ver Figura 3). Apesar de incidir níveis de degradações leve e moderado em grande parte das pastagens das regiões Centro-Oeste e Sudeste e em uma pequena parte das regiões Norte e do Sul, a maior parte das pastagens que apresentavam grau de degradação severa estavam situadas no Nordeste no ano de 2018.

Ao se buscar na literatura elementos que elucidem a aglomeração de áreas com pastagens degradadas no Nordeste, vale mencionar o trabalho de Kill e Porto (2019). Segundo esses autores, nas últimas décadas tem crescido os casos de exploração dos recursos naturais da Caatinga. Entre os motivos, destacam-se o sobrepastoreio e a redução de pastagens para dar espaço à agricultura. Esta forma de exploração predatória tem comprometido os recursos naturais renováveis do bioma.

Figura 3 - Pastagens degradadas no Brasil em 2018
Retirado de: LAPIG (2020), com algumas adaptações.

A degradação de áreas com pastagens em certas porções do Nordeste se agravou devido às baixas taxas de precipitação pluviométrica da última década (2010/2020), gerando consequências aos produtores rurais da região, principalmente àqueles de pequeno porte. A degradação ambiental causada pelo desmatamento motiva o fenômeno da desertificação, que é a perda da capacidade produtiva do solo. As áreas afetadas pela desertificação tornam-se totalmente improdutivas, causando severos reflexos socioeconômicos (KILL e PORTO, 2019).

Araújo Filho (2013) também aponta que o Nordeste tem uma posição destacada na pecuária nacional, principalmente pelo grande número de cabeças de caprinos e ovinos presentes na região. As atividades pastoris que vêm sendo exercidas na Caatinga nordestina nos últimos quatro séculos são determinantes nos processos de degradação ambiental e no estabelecimento da desertificação no Semiárido nordestino, devido às condições de sobrepastejo. Esses animais são criados em manejo extensivo e utilizam a vegetação da Caatinga como principal (senão única) fonte alimentar e causam degradação acentuada desta cobertura vegetal.

Como os aumentos da produção e da oferta de alimentos devem vir acompanhados do cumprimento dos critérios de sustentabilidade, a substituição e incorporação das terras degradadas por sistemas de produção que priorizem o manejo sustentável do solo, como os SILPF, é uma importante ação que deve ser posta em prática para esta meta ser atingida (BEHLING et al., 2014).

Conforme será evidenciado à frente, os dados dos Censos Agropecuários de 2006 e de 2017 mostram a concentração de uso de Sistemas Agroflorestais na região Nordeste. Alguns autores (MEDINA, 2013 e FERNANDES, 2015) consideram que o principal objetivo da implantação de sistemas integrados tem sido a recuperação de pastagens degradadas. Possivelmente, há uma relação entre tais circunstâncias: a maior adoção dos Sistemas Agroflorestais no Nordeste (quando comparado com as demais regiões do Brasil, de acordo com os dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017), pode ter sido parcialmente motivada pelas condições das pastagens locais, que se encontravam empobrecidas e necessitavam de estratégias que proporcionassem aumento da capacidade produtiva do solo.

4.3 Caracterização e evolução dos sistemas de integração no Brasil

As informações utilizadas para caracterizar e analisar os sistemas de integração utilizados na agropecuária no Brasil foram divididas em dois tópicos: Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta (SILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs). Em razão das duas nomenclaturas indicarem algumas diferenças entre si, buscou-se caracterizar cada uma delas individualmente, com base nos dados existentes em nível nacional e oriundos de fontes distintas, já expostas na seção 3.2 do capítulo 3. Na subseção 4.3.1, serão abordados os dados referentes aos estabelecimentos adotantes de SILPF, usando dados em nível nacional e oriundos da pesquisa realizada pela Rede ILPF. Já a subseção 4.3.2 irá abordar os dados referentes aos Sistemas Agroflorestais, segundo o levantamento feito pelos dois últimos Censos Agropecuários, realizados pelo IBGE.

4.3.1 Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta

Os Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta (SILPF) contemplam quatro modalidades de integração do sistema produtivo, conforme apresentado na Figura 4. Cada uma delas é composta por um grande número de arranjos e modelos heterogêneos. A modalidade a ser adotada depende, entre outros fatores, dos objetivos e da estrutura de cada produtor.

Figura 4 - Modalidades dos sistemas de integração.

Fonte: Adaptado da Rede ILPF (2020).

Behling et al. (2013) descrevem os SILPF, cuja síntese é apresentada a seguir:

- A integração Lavoura-Pecuária (agropastoril ou ILP) integra os componentes lavoura e pecuária em rotação, consórcio ou sucessão. Os ILP são comuns em fazendas voltadas à produção pecuária, em que culturas de grãos são introduzidas em áreas de pastagens degradadas para corrigi-las, em fazendas voltadas à produção de lavouras e que utilizam forrageiras para melhorar a qualidade do solo, e em fazendas que utilizam simultaneamente a rotação de pastagem/lavoura para otimizar o uso da terra.
- A integração Pecuária-Floresta (silvipastoril ou IPF) integra os componentes floresta e pecuária em consórcio. Para os casos de produtos animais, a IPF tem efeitos positivos sobre os desempenhos produtivo e reprodutivo, visto que são oferecidas condições mais saudáveis e maior bem-estar aos animais, fruto da redução na temperatura e na radiação solar que ocorre sob as sombras das árvores.
- A integração Lavoura-Floresta (silviagrícola ou ILF) integra os componentes floresta e lavoura pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas. Behring et al. (2013) apontam que a ILF é indicada para situações em que a espécie florestal plantada não comporta a entrada de animais de grande porte, já que esses poderiam causar estragos às espécies florestais. Entretanto, como será abordado nas próximas subseções dos resultados, os dados dos Censos Agropecuários apontam que os agricultores brasileiros se encontram bem adaptados à integração de espécies florestais e animais na mesma propriedade, o que torna a ILF menos usual no Brasil.

- A integração Lavoura-Pecuária-Floresta (agrossilvipastoril ou ILPF) integra os componentes lavoura, pecuária e floresta em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. Trata-se do sistema mais completo das modalidades de integração, pois representa uso intensivo do solo (BEHRING et al., 2013).

A Figura 5 mostra a evolução, ao longo dos anos entre 2005 e 2015, das áreas que adotavam sistemas de integração, tendo como base a projeção da expansão do sistema prevista pela Plataforma ABC⁹. Se for considerada essa evolução de forma linear, o país aumentou sua área em quase 10 milhões de hectares nesse período de tempo. A pesquisa da Rede ILPF apontou também que, no ano de 2015, o Brasil apresentava 11,47 milhões de hectares com algum tipo de modalidade de SILPF (EMBRAPA, 2016).

Segundo a pesquisa da Rede ILPF, cerca de 83% dos produtores que eram especializados em atividades da pecuária e adotantes de SILPF utilizavam a modalidade de ILP, 9% usavam a ILPF, 7% utilizavam a IPF e apenas 1% fazia uso da ILF. Já entre os produtores especializados em produzir grãos, a modalidade ILP representava 99% dos casos, seguida da ILPF (0,4%) e da ILF (0,2%), ver Embrapa (2020b). Vale também ressaltar as motivações que levaram esses sistemas a serem implantados para cada um dos dois tipos de produtores; segundo a Rede ILPF (2020), os pecuaristas tinham os seguintes principais fatores motivadores do uso de SILPF: a redução dos impactos ambientais e a recuperação das pastagens. Esses motivos podem estar relacionados às pressões exercidas pela sociedade e pelo mercado para que a atividade pecuária (especialmente para os pecuaristas de grande porte) consiga produzir de forma mais sustentável. E para os produtores de grãos, os principais motivos estão relacionados às possibilidades de melhorias dos indicadores financeiros da propriedade.

⁹ Plataforma instalada na Embrapa Meio Ambiente
Site: <https://www.embrapa.br/en/meio-ambiente/plataforma-abc>.

Figura 5- Evolução da área de adoção de SILPF, em milhões de ha, Brasil

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da EMBRAPA (2016).

Complementando essa pesquisa sobre as razões que levam agricultores e pecuaristas a adotarem os sistemas de integração, pode-se mencionar o estudo de Vinholis et al. (2020) em propriedades rurais do estado de São Paulo. Dentre os produtores abordados que trabalhavam com o sistema ILP, os principais objetivos almejados eram (os respondentes podiam apresentar mais de um objetivo): reforma do pasto (80% dos entrevistados), alimentação na seca (35% dos entrevistados) e diversificação da renda (36% dos entrevistados). Já entre os produtores que haviam adotado IPF, as maiores motivações foram: a diversificação da renda (88% dos entrevistados), melhoria da forragem (38% dos entrevistados) e conforto térmico dos animais (29% dos entrevistados).

As estatísticas da Rede ILPF indicam que, entre os produtores especializados em pecuária e que aderiram aos SILPF, 84% deles estavam satisfeitos com os sistemas de integração, e 35% dos produtores que não faziam uso dos SILPF afirmaram que adotariam a tecnologia. Estima-se ainda que, até 2030, o espaço médio destinado aos SILPF chegue a 20,6% da área agricultável dos estabelecimentos agropecuários brasileiros (EMBRAPA, 2016). Os números da Tabela 2, calculados a partir dos dados da pesquisa, apontam o cenário retratado pela Rede ILPF.

Conforme exposto na Tabela 2, a participação da área com SILPF frente à área total sob uso agropecuário no Brasil era de 5,5% em 2015. De acordo com a mesma Tabela, que apresenta os dados referentes a todas as modalidades dos sistemas de integração (SILPF) na perspectiva da Rede ILPF, o Nordeste e o Norte se situavam abaixo da média nacional: ambas as regiões possuíam pouco mais de 1 milhão de hectares dedicados à adoção desses sistemas em 2015 (enquanto as demais regiões possuem entre 2 e 4 milhões de ha) e percentuais de participação de cerca de 3% (enquanto as participações das outras regiões variam entre 5% a 12% de suas

áreas agropecuárias). O Sudeste foi a região com maior área de adoção (4,5 milhões de ha) e a maior taxa de participação veio da região Centro-Oeste (12,76%).

Tabela 2 - Área estimada com SILPF em 2015, por Grandes Regiões, Brasil

Área (ha)	Região					
	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Área total	208.639.577	32.984.454	49.097.495	70.207.075	36.336.860	20.013.693
Área com ILPF	11.468.124	1.034.088	1.312.138	4.530.468	2.038.120	2.553.310
Participação (%)	5,50	3,14	2,67	6,45	5,61	12,76

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Embrapa (2016)

4.3.2 Sistemas Agroflorestais

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são formas de uso da terra em que árvores são utilizadas em conjunto com a lavoura e/ou com a pecuária numa mesma área, podendo ser plantados de uma só vez ou em uma sequência de tempo (MACEDO, 2013). A relação entre os Sistemas Agroflorestais e os Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta é proveniente de ambos estarem subscritos na rubrica ‘SILPF’. Os Sistemas Agroflorestais abrangem os sistemas silvipastoris, agrossilvipastoris e silviagrícolas (ALVES, LAURA e ALMEIDA, 2015). Pode-se assim dizer que todo SAF é um sistema de integração, mas nem todo sistema de integração é um SAF (caso do sistema ILP, o agropastoril). Os arranjos desses sistemas são ilustrados na Figura 6.

Nos dias atuais, existem várias formas de empregar os Sistemas Agroflorestais, que vão desde pequenas atividades agroflorestais de produtores familiares até grandes consórcios comerciais (SCHEMBERGUE et al., 2017).

Quanto aos critérios técnicos utilizados pelo IBGE para considerar alguma área da unidade produtiva como um Sistema Agroflorestal, o relatório com os resultados do Censo Agropecuário de 2006 descreveu que foram abrangidas as áreas de mato ralo, caatinga, cerrado, capoeirão, entre outras, aproveitadas para pastoreio de animais, e áreas com espécies florestais variadas utilizadas para lavoura e criação de animais. Em qualquer um dos casos, ocorria o manejo intencional de árvores, consideradas as muitas variações enquadradas no conceito de agrofloresta: atividades silvipastoris, silviagrícolas e agrossilvipastoris (IBGE, 2006). Já o relatório com os resultados do Censo Agropecuário de 2017 se restringiu a citar que foram consideradas as áreas ocupadas com matas (nativas ou plantadas), baseadas em consórcios ou combinações de espécies florestais variadas, produtivas ou não, que também são utilizadas para

lavouras ou pastejo de animais (Sistemas de Integrações Lavoura, Pecuária e/ou Floresta), ver IBGE (2019)¹⁰.

Figura 6 - Classificação dos sistemas integrados em função dos arranjos de seus componentes

Fonte: Elaboração própria com base em Macedo (2013)

Antes de apresentar os números referentes às áreas e aos estabelecimentos adotantes de Sistemas Agroflorestais segundo os resultados dos Censos Agropecuários, vale apontar que o IBGE avalia que qualquer tipo de árvore situada num mesmo estabelecimento agropecuário que também produz por meio de lavoura e/ou pecuária seja considerado um SAF. Portanto, como a metodologia descrita é diferente daquela realizada pela Rede ILPF (que entrevistou uma amostra de 7.909 produtores rurais), os resultados das duas pesquisas também foram diferentes.

Os estabelecimentos que adotam essa estratégia de produção integrada têm capacidade para produzir diferentes tipos de produtos, assim como grande parte dos estabelecimentos agropecuários de forma geral, que, por sua vez, costumam produzir mais de uma espécie de mercadoria dentro de um mesmo segmento agropecuário. De todo modo, cada estabelecimento pode ser identificado pela principal atividade econômica que exerce. Também é possível identificar se o estabelecimento agropecuário que utiliza o SAF é caracterizado como de agricultura familiar ou não familiar. Isso possibilita desagregar os estabelecimentos

¹⁰ Objetivando informações mais precisas sobre quais estabelecimentos agropecuários o IBGE considerou como Sistemas Agroflorestais no Censo Agropecuário de 2017, o autor deste trabalho entrou em contato com a instituição via e-mail solicitando maiores detalhes. A resposta da equipe técnica do Instituto mencionava que se tratava “apenas dos casos em que há espécies florestais integrando o sistema ILPF, sejam plantadas ou não”.

agropecuários que fazem uso de Sistemas Agroflorestais por cada uma dessas categorias mencionadas, conforme será feito a seguir.

Sistemas Agroflorestais conduzidos pela Agricultura familiar *versus* os conduzidos por agricultura não familiar

Os dados da Tabela 3, que retratam a evolução dos Sistemas Agroflorestais no Brasil na perspectiva dos Censos Agropecuários dos anos de 2006 e 2017, mostram que, em 2017, o país possuía 490.647 estabelecimentos agropecuários que produziam por meio de Sistemas Agroflorestais (independentemente de ser agricultura familiar ou não familiar). Esses estabelecimentos representavam quase 10% de todos os estabelecimentos agropecuários do país em 2017 e implicaram aumento de cerca de 60% em comparação ao total de estabelecimentos agropecuários que usavam SAFs em 2006 (que foram de 305.825). A região Nordeste lidera esse aumento de SAFs, com variação de 90,47% (ou seja, quase dobrou o número de estabelecimentos nordestinos que usam SAFs entre 2006 e 2017), seguido do Centro-Oeste com aumento de 41,90%, Sudeste com 33,49%, Sul com 20,96%, e a menor variação foi da região Norte, com 9,81% (entre os dois anos analisados).

A maior parte dos estabelecimentos que usam SAFs são de agricultura familiar, apesar de o maior crescimento relativo entre 2006 e 2017 no uso destes sistemas ter ocorrido entre os estabelecimentos não familiares. Observa-se na Tabela 3 que, para todo o Brasil, houve crescimento de 97,23% entre os estabelecimentos agropecuários não familiares que usam SAFs entre 2006 e 2017, frente ao crescimento de 52,25% do número de estabelecimentos agropecuários familiares que os utilizam. Não obstante, em 2017 cerca de 77,62% dos estabelecimentos agropecuários que utilizavam SAFs eram familiares. Essa importância dos estabelecimentos familiares no uso de SAFs varia de região a região. A mesma Tabela 3 mostra que, em 2017, 80,85% dos estabelecimentos da região Norte que usavam SAFs eram familiares. Esta percentagem foi de 79,69% para o Nordeste, 70,06% para o Sudeste, 75,21% para o Sul e 58,45% para o Centro-Oeste. Mas todas essas participações foram maiores em 2006 do que em 2017, mostrando o aumento relativo maior de SAFs entre estabelecimentos não familiares entre 2006 e 2017.

A região com menor diferença relativa no uso de SAFs entre estabelecimentos agropecuários familiares e não familiares é o Centro-Oeste. Em 2017, 58,45% dos estabelecimentos desta região que usavam SAFs eram classificados como de agricultura familiar, frente a 41,55% que se referiam a estabelecimentos não familiar. Por outro lado, a região com maior diferença relativa entre estabelecimentos familiares e não familiares no uso

de SAFs é a Norte, apesar do crescimento relativo de estabelecimentos não familiares que usam SAFs nesta região ter sido quase seis vezes o crescimento obtido entre os estabelecimentos familiares.

Quanto à área total destinada aos SAFs (que inclui tanto agricultura familiar como a agricultura não familiar), os resultados do Censo Agropecuário para o ano de 2006 apontavam que o Brasil dispunha de 8,3 milhões de hectares de terras utilizadas com Sistemas Agroflorestais. Essa área representava cerca de 2,5% da área total do país destinada à exploração agropecuária neste ano. O Nordeste liderava tanto a área de SAFs medida em hectares, como o percentual de sua participação frente ao total da área agropecuária da região. Todas as outras regiões tiveram números pouco expressivos, quando comparados aos do Nordeste. O Norte foi a segunda maior região a adotar esses sistemas no Brasil, em termos de áreas ocupadas com SAFs. As regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste apresentaram participações bem baixas, especificamente a região Sul, que dentre as regiões, foi a que apresentou a menor área destinada a estes sistemas entre suas explorações agropecuárias.

Já no ano de 2017, a área total dedicada aos SAFs era de 13,86 milhões de hectares. Desse total, mais da metade da área (8,76 milhões de ha) continuavam pertencendo ao Nordeste. Esse cenário consagra disparadamente essa região como predominante no uso de SAFs no Brasil. As demais regiões variaram com áreas entre 1 e 2 milhões de hectares usados em SAFs, com exceção da região Sul, que apresentou área de 740 mil hectares.

Tabela 3 - Evolução dos Sistemas Agroflorestais por unidades produtivas e área (ha), classificadas como agricultura familiar (AF) e não familiar (ANF) – Anos de 2006 e 2017, por Grandes Regiões, Brasil

Região	Agricultura Familiar (AF)					Agricultura não familiar (ANF)					AF + ANF (Total)				
	2006		2017		Taxa de crescimento entre 2006 e 2017	2006		2017		Taxa de crescimento entre 2006 e 2017	2006		2017		Taxa de crescimento entre 2006 e 2017
	Unidades	Participação frente às unidades totais de SAFs	Unidades	Participação frente às unidades totais de SAFs		Unidades	Participação frente às unidades totais de SAFs	Unidades	Participação frente às unidades totais de SAFs		Unidades	Participação frente às unidades agropecuárias totais	Unidades	Participação frente às unidades agropecuárias totais	
Brasil	250.158	81,80%	380.854	77,62	52,25%	55.667	18,20%	109.793	22,38%	97,23%	305.825	5,91%	490.647	9,84%	60,43%
Norte	30.282	84,03%	31.993	80,85	5,65%	5.755	15,97%	7.579	19,15%	31,69%	36.037	7,57%	39.572	7,03%	9,81%
Nordeste	141.892	83,54%	257.815	79,69	81,70%	27.957	16,46%	65.688	20,31%	134,96%	169.849	6,92%	323.503	14,30%	90,47%
Sudeste	26.820	73,29%	34.225	70,06	27,61%	9.776	26,71%	14.627	29,94%	49,62%	36.596	3,97%	48.852	5,06%	33,49%
Sul	44.791	84,03%	48.495	75,21	8,27%	8.514	15,97%	15.981	24,79%	87,70%	53.305	5,30%	64.476	7,63%	20,96%
Centro-Oeste	6.373	63,49%	8.326	58,45	30,64%	3.665	36,51%	5.918	41,55%	61,47%	10.038	3,16%	14.244	4,12%	41,90%
	2006		2017		Taxa de crescimento entre 2006 e 2017	2006		2017		Taxa de crescimento entre 2006 e 2017	2006		2017		Taxa de crescimento entre 2006 e 2017
	Área (ha)	Participação frente às áreas totais com SAFs	Área (ha)	Participação frente às áreas totais com SAFs		Área (ha)	Participação frente às áreas totais com SAFs	Área (ha)	Participação frente às áreas totais com SAFs		Área (ha)	Participação frente às áreas agropecuárias totais	Área (ha)	Participação frente às áreas agropecuárias totais	
	Área (ha)	Participação frente às áreas totais com SAFs	Área (ha)	Participação frente às áreas totais com SAFs		Área (ha)	Participação frente às áreas totais com SAFs	Área (ha)	Participação frente às áreas totais com SAFs		Área (ha)	Participação frente às áreas agropecuárias totais	Área (ha)	Participação frente às áreas agropecuárias totais	
Brasil	2.895.128	34,81%	4.876.385	35,17%	68,43%	5.420.991	65,19%	8.986.869	64,83%	65,78%	8.316.119	2,49%	13.863.254	3,95	66,70%
Norte	475.263	37,03%	490.016	32,81%	3,10%	808.024	62,97%	1.003.693	67,19%	24,22%	1.283.287	2,31%	1.493.708	2,29	16,40%
Nordeste	1.875.666	40,36%	3.703.536	42,29%	97,45%	2.772.241	59,64%	5.053.089	57,71%	82,27%	4.647.907	6,11%	8.756.625	12,35	88,40%
Sudeste	263.268	26,53%	345.281	29,80%	31,15%	729.036	73,47%	813.290	70,20%	11,56%	992.304	1,81%	1.158.570	1,92	16,76%
Sul	178.614	34,95%	214.713	29,01%	20,21%	332.463	65,05%	525.495	70,99%	58,06%	511.077	1,22%	740.208	1,73	44,83%
Centro-Oeste	102.317	11,61%	122.839	7,17%	20,06%	779.227	88,39%	1.591.303	92,83%	104,22%	881.544	0,84%	1.714.142	1,53	94,45%

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

Ainda referente à área total destinada aos Sistemas Agroflorestais, todas as grandes regiões brasileiras apresentaram variação positiva entre 2006 e 2017. O Brasil como um todo teve aumento de 66,70%. O Nordeste é uma das regiões que teve maior elevação da área de estabelecimentos agropecuários com uso de SAFs (88,40%), embora o Centro-Oeste levou o destaque com a maior variação percentual dessa área (94,45%). A região Sul apresentou aumento de 44,83%, o Sudeste cresceu 16,76%, e o Norte, que nesse período apresentou o menor crescimento entre as regiões (16,40%).

Quando se observa a área em hectares dos estabelecimentos adotantes de Sistemas Agroflorestais, observa-se que a de agricultura não familiar responde pela maior parcela das áreas com SAFs, tanto para o ano de 2006, como para o ano de 2017 (ver Tabela 3). Os números indicam que uma menor parcela dos estabelecimentos com agricultura não familiar que produziam com SAFs ocupavam a maior parte das áreas dedicadas aos mesmos sistemas, ou seja, eram propriedades com maiores extensões territoriais. Por outro lado, a maior parcela dos estabelecimentos com SAFs vinham da agricultura familiar e ocupavam uma pequena proporção das áreas totais voltadas ao uso de SAFs, indicando se tratarem de propriedades com territórios menos extensos.

Entre 2006 e 2017, em todas as regiões brasileiras houve aumento das áreas dos estabelecimentos agropecuários que possuíam SAFs e eram classificados como de agricultura familiar. Enquanto o Nordeste quase dobrou a área de SAFs administrada pela agricultura familiar (aumento de 97,4%), o Norte apresentou discreto aumento de 3,1%. Nas demais regiões essas áreas cresceram entre 20% e 31%.

Não obstante, as áreas com SAFs administradas pela agricultura não familiar representavam a maioria das áreas com Sistemas Agroflorestais em todas as grandes regiões brasileiras, tanto para o ano de 2006, como para o ano de 2017. Além disso, essas áreas aumentaram entre os anos de 2006 e 2017 em todas as regiões, ainda que de forma heterogênea. O Centro-Oeste obteve o maior crescimento (104,2%), seguido do Nordeste (82,2%), Sul (58,1%), Norte (24,2%) e Sudeste (11,5%).

Observa-se na Tabela 4 a evolução dos estabelecimentos e das áreas que produziam via Sistemas Agroflorestais, classificados como de agricultura familiar (AF) e de agricultura não familiar (ANF), por estados do Brasil nos anos de 2006 e 2017. Esses dados permitem detectar diferenças e semelhanças **dentro** das regiões sobre o assunto em epígrafe.

O crescimento do número de estabelecimentos que adotam Sistemas Agroflorestais na região Norte foi sustentado pelos aumentos ocorridos nos estados do Amazonas, Roraima, Pará,

Amapá e Tocantins. O estado de Rondônia apresentou queda de 27,41% entre as propriedades de agricultura familiar e ganho de 7,94% entre aquelas de agricultura não familiar que adotam SAFs. O Acre apresentou queda em ambas as modalidades ao redor de 64%. O estado de Roraima sofreu redução de SAFs nas propriedades de agricultura familiar (queda de 14,44%) e aumento nas unidades de agricultura não familiar (141,32%). Os demais estados da região Norte aumentaram a adoção de SAFs em ambos os tipos de estabelecimentos agropecuários.

Quanto às áreas voltadas aos Sistemas Agroflorestais, os estados do Norte que apresentaram aumento entre 2006 e 2017 foram: Rondônia (144,09%), Roraima (60,43%), Amazonas (50,21%), Tocantins (39,21%) e Amapá (24,97%). O Acre e o Pará apresentaram queda na evolução das áreas com SAFs.

Em relação à evolução do percentual de participação das áreas e dos estabelecimentos com SAFs, os estados da região Norte apresentaram, entre 2006 e 2017, comportamentos bem diferentes entre si. Neste quesito, o estado de Rondônia se destacou por ter reduzido sua participação no número das unidades produtivas com SAFs, ao mesmo tempo de ter mais que dobrado a participação das áreas com tais sistemas entre os dois anos analisados. Estas transformações podem ter acontecido devido ao aumento de poucas e extensas propriedades com agricultura não familiar dedicadas aos SAFs no estado.

Observa-se pelos dados da Tabela 4 que a variação entre os números de estabelecimentos com SAFs aconteceu de forma bem heterogênea entre os estados do Nordeste. As maiores variações foram referentes aos estados do Piauí (aumento de 274,42%), Rio Grande do Norte (acrécimo de 161,66%), Bahia (+109,82%), Pernambuco (+107,19%) e Ceará (+103,12%), enquanto os estados da Paraíba, Maranhão e Alagoas tiveram decréscimos de 75,40%, 4,56% e 18,51%, respectivamente. O Estado de Sergipe obteve ganho intermediário de +16,12%. De forma geral, houve maior crescimento do uso de SAFs nesses estados entre as propriedades de agricultura não familiar, apesar de que as unidades que produziam via agricultura familiar ainda foram a maioria das adotantes de SAFs em ambos os anos na região do Nordeste.

Tabela 4 -Evolução dos Sistemas Agroflorestais por estabelecimento com agricultura familiar (AF) e agricultura não familiar (ANF) por unidades federativas do Brasil, 2006/2017. (continua...)

	Unidade da Federação	AF e ANF	Unidades de Sistemas Agroflorestais		Variação percentual (%)	Áreas (ha) com Sistemas Agroflorestais		Variação percentual (%)	Participação das unidades de Sistemas Agroflorestais		Participação das áreas (ha) com Sistemas Agroflorestais	
			2006	2017		2006	2017		2006	2017	2006	2017
Norte	Rondônia	AF	1.642	1.192	-27,41	21.119	18.002	-14,76	2,18%	1,61%	0,64%	0,52%
		ANF	315	340	7,94	28.532	103.190	261,66	2,64%	1,99%	0,55%	1,80%
		Total	1.957	1.532	-21,72	49.651	121.192	144,09	2,25%	1,68%	0,59%	1,31%
	Acre	AF	3.684	1.253	-65,99	47.717	28.423	-40,43	14,67%	4,06%	3,16%	1,41%
		ANF	542	196	-63,84	31.908	15.623	-51,04	12,41%	3,15%	1,58%	0,71%
		Total	4.226	1.449	-65,71	79.625	44.045	-44,68	14,33%	3,91%	2,26%	1,04%
	Amazonas	AF	2.242	3.272	45,94	28.231	46.358	64,21	3,63%	4,84%	1,91%	2,62%
		ANF	437	589	34,78	34.564	47.965	38,77	8,82%	5,75%	1,58%	2,13%
		Total	2.679	3.861	44,12	62.795	94.323	50,21	4,01%	4,96%	1,71%	2,35%
	Roraima	AF	478	409	-14,44	9.414	7.434	-21,03	5,37%	3,17%	1,48%	1,07%
		ANF	121	292	141,32	38.763	69.859	80,22	8,57%	7,85%	3,59%	3,60%
		Total	599	701	17,03	48.178	77.293	60,43	5,81%	4,22%	2,81%	2,93%
	Pará	AF	17.785	20.718	16,49	272.819	274.506	0,62	9,07%	8,78%	3,97%	3,18%
		ANF	2.467	3.218	30,44	319.778	257.918	-19,34	9,47%	7,73%	1,99%	1,30%
		Total	20.252	23.936	18,19	592.597	532.424	-10,15	9,12%	8,62%	2,58%	1,87%
	Amapá	AF	100	378	278,00	2.019	7.666	279,69	3,49%	5,55%	1,54%	2,59%
		ANF	104	134	28,85	16.416	15.372	-6,36	15,71%	8,87%	2,21%	1,27%
		Total	204	512	150,98	18.435	23.038	24,97	5,78%	6,16%	2,11%	1,53%
	Tocantins	AF	4.351	4.771	9,65	93.943	107.626	14,57	10,16%	10,73%	3,49%	3,73%
		ANF	1.769	2.810	58,85	338.063	493.766	46,06	12,86%	15,13%	2,89%	4,02%
		Total	6.120	7.581	23,87	432.006	601.392	39,21	10,82%	12,03%	3,00%	3,96%

Tabela 5 -Evolução dos Sistemas Agroflorestais por estabelecimento com agricultura familiar (AF) e agricultura não familiar (ANF) por unidades federativas do Brasil, 2006/2017. (continua...)

	Unidade da Federação	AF e ANF	Unidades de Sistemas Agroflorestais		Variação percentual (%)	Áreas (ha) com Sistemas Agroflorestais		Variação percentual (%)	Participação das unidades de Sistemas Agroflorestais		Participação das áreas (ha) com Sistemas Agroflorestais	
			2006	2017		2006	2017		2006	2017	2006	2017
Nordeste	Maranhão	AF	21.204	19.492	-8,07	451.611	341.317	-24,42	8,09%	11,30%	10,00%	9,03%
		ANF	4.031	4.592	13,92	497.632	638.484	28,30	16,13%	15,45%	5,84%	7,55%
		Total	25.235	24.084	-4,56	949.243	979.802	3,22	8,79%	11,91%	7,28%	8,01%
	Piauí	AF	15.799	58.215	268,47	255.090	1.092.216	328,17	7,16%	30,41%	6,79%	28,35%
		ANF	3.511	14.085	301,17	390.956	1.319.887	237,60	14,25%	30,71%	6,80%	21,44%
		Total	19.310	72.300	274,42	646.046	2.412.103	273,36	7,87%	30,47%	6,80%	24,10%
	Ceará	AF	18.404	37.243	102,36	316.017	575.985	82,26	5,39%	13,09%	9,05%	17,23%
		ANF	4.425	9.127	106,26	458.497	639.063	39,38	11,20%	10,59%	10,29%	17,92%
		Total	22.829	46.370	103,12	774.514	1.215.047	56,88	5,99%	12,51%	9,74%	17,59%
	Rio Grande do Norte	AF	4.960	13.186	165,85	58.467	204.897	250,45	6,97%	26,23%	5,59%	21,65%
		ANF	1.644	4.094	149,03	167.507	554.502	231,03	13,88%	32,41%	7,82%	31,21%
		Total	6.604	17.280	161,66	225.974	759.400	236,06	7,95%	27,48%	7,09%	27,89%
	Paraíba	AF	12.411	2.700	-78,25	113.098	24.675	-78,18	8,38%	2,17%	7,08%	1,71%
		ANF	2.699	1.017	-62,32	163.909	58.291	-64,44	14,04%	2,73%	7,48%	2,94%
		Total	15.110	3.717	-75,40	277.007	82.967	-70,05	9,03%	2,30%	7,31%	2,42%
	Pernambuco	AF	14.812	28.728	93,95	122.543	364.065	197,09	5,37%	12,44%	4,78%	15,68%
		ANF	2.190	6.498	196,71	113.541	290.945	156,25	7,53%	13,37%	3,96%	13,53%
		Total	17.002	35.226	107,19	236.084	655.010	177,45	5,58%	12,61%	4,34%	14,65%
	Alagoas	AF	3.982	3.137	-21,22	21.297	19.365	-9,07	3,56%	3,83%	3,12%	3,51%
		ANF	566	569	0,53	22.346	19.588	-12,34	4,89%	3,56%	1,56%	1,80%
		Total	4.548	3.706	-18,51	43.643	38.953	-10,75	3,69%	3,79%	2,07%	2,38%
	Sergipe	AF	3.144	3.399	8,11	25.119	22.730	-9,51	3,48%	4,74%	3,53%	3,34%
		ANF	503	836	66,20	21.240	17.726	-16,54	4,89%	3,98%	2,75%	2,27%
		Total	3.647	4.235	16,12	46.360	40.455	-12,74	3,62%	4,57%	3,13%	2,77%
	Bahia	AF	47.176	91.715	94,41	512.424	1.058.286	106,53	7,09%	15,56%	5,15%	11,75%
		ANF	8.388	24.870	196,49	936.613	1.514.603	61,71	8,76%	14,86%	4,77%	7,97%
		Total	55.564	116.585	109,82	1.449.038	2.572.889	77,56	7,30%	15,40%	4,90%	9,18%

Tabela 6 -Evolução dos Sistemas Agroflorestais por estabelecimento com agricultura familiar (AF) e agricultura não familiar (ANF) por unidades federativas do Brasil, 2006/2017. (...conclusão)

	Unidade da Federação	AF e ANF	Unidades de Sistemas Agroflorestais		Variação percentual (%)	Áreas (ha) com Sistemas Agroflorestais		Variação percentual (%)	Participação das unidades de Sistemas Agroflorestais		Participação das áreas (ha) com Sistemas Agroflorestais	
			2006	2017		2006	2017		2006	2017	2006	2017
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	AF	866	810	-6,47	9.062	5.944	-34,41	2,11%	1,88%	0,77%	0,50%
		ANF	558	789	41,40	157.702	360.910	128,86	2,34%	2,83%	0,54%	1,23%
		Total	1.424	1.599	12,29	166.764	366.853	119,98	2,20%	2,25%	0,55%	1,20%
	Mato Grosso	AF	2.320	2.950	27,16	48.166	43.157	-10,40	2,70%	3,62%	1,00%	0,84%
		ANF	962	1.761	83,06	345.607	848.581	145,53	3,54%	4,77%	0,79%	1,70%
		Total	3.282	4.711	43,54	393.773	891.737	126,46	2,90%	3,98%	0,81%	1,62%
	Goiás + Distrito Federal	AF	3.187	4.566	43,27	45.089	73.739	63,54	3,54%	4,65%	1,35%	2,02%
		ANF	2.145	3.368	57,02	275.917	381.813	38,38	4,33%	5,72%	1,20%	1,67%
		Total	5.332	7.934	48,80	321.006	455.552	41,91	3,82%	5,05%	1,22%	1,72%
Sudeste	Minas Gerais	AF	22.780	29.926	31,37	241.081	326.373	35,38	5,21%	6,80%	2,73%	3,27%
		ANF	7.195	11.757	63,41	604.256	708.099	17,19	6,29%	7,12%	2,49%	2,51%
		Total	29.975	41.683	39,06	845.337	1.034.472	22,37	5,43%	6,89%	2,56%	2,71%
	Espírito Santo	AF	904	1.058	17,04	4.358	4.459	2,32	1,34%	1,31%	0,45%	0,41%
		ANF	357	504	41,18	10.236	8.360	-18,33	2,11%	1,88%	0,55%	0,39%
		Total	1.261	1.562	23,87	14.595	12.818	-12,18	1,49%	1,45%	0,51%	0,39%
	Rio de Janeiro	AF	669	934	39,61	2.497	4.693	87,95	1,52%	2,14%	0,53%	0,90%
		ANF	399	631	58,15	13.315	31.594	137,28	2,78%	2,95%	0,84%	1,71%
		Total	1.068	1.565	46,54	15.812	36.288	129,50	1,83%	2,40%	0,77%	1,53%
	São Paulo	AF	2.467	2.307	-6,49	15.332	9.756	-36,37	1,63%	1,89%	0,61%	0,45%
		ANF	1.825	1.735	-4,93	101.229	65.237	-35,56	2,38%	2,64%	0,70%	0,45%
		Total	4.292	4.042	-5,82	116.561	74.993	-35,66	1,89%	2,15%	0,69%	0,45%
Sul	Paraná	AF	13.545	10.879	-19,68	56.961	46.689	-18,03	4,47%	4,77%	1,34%	1,31%
		ANF	3.143	3.898	24,02	108.526	145.818	34,36	4,61%	5,13%	0,97%	1,30%
		Total	16.688	14.777	-11,45	165.487	192.507	16,33	4,50%	4,86%	1,08%	1,31%
	Santa Catarina	AF	10.498	14.789	40,87	46.461	70.602	51,96	6,23%	10,37%	1,76%	2,87%
		ANF	1.955	5.030	157,29	81.153	147.259	81,46	7,77%	12,61%	2,37%	3,69%
		Total	12.453	19.819	59,15	127.614	217.860	70,72	6,43%	10,86%	2,10%	3,38%
	Rio Grande do Sul	AF	20.748	22.827	10,02	75.192	97.422	29,56	5,48%	7,78%	1,22%	1,78%
		ANF	3.416	7.053	106,47	142.785	232.419	62,78	5,41%	9,95%	1,01%	1,43%
		Total	24.164	29.880	23,66	217.977	329.841	51,32	5,47%	8,20%	1,07%	1,52%

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

Ainda analisando os dados da Tabela 4, constata-se que a grande maioria dos estados nordestinos apresentou variações das suas áreas com Sistemas Agroflorestais de forma semelhante às variações de seus estabelecimentos nesta mesma modalidade entre 2006 e 2017, com exceção dos estados do Maranhão (que aumentou a área e reduziu o número de estabelecimentos que adotam SAFs) e Sergipe (que reduziu a área e aumentou o número de estabelecimentos voltados a tais sistemas). Ressalta-se também que os estados da região Nordeste apresentaram os maiores percentuais de participação das áreas e das unidades produtivas com SAFs frente às áreas e às unidades produtivas totais a nível nacional.

O Centro-Oeste apresentou variação mais uniforme dos estabelecimentos com SAFs entre os seus estados entre os anos de 2006 e 2017. A única categoria que teve uma pequena queda foram os estabelecimentos que produziam via agricultura familiar no Mato Grosso do Sul. No total, todos os estados apresentaram aumento no número desses estabelecimentos: no Distrito Federal e Goiás a variação foi de 48,80%, no Mato Grosso foi de 43,54% e no Mato Grosso do Sul foi de 12,29%. Em relação às áreas totais com SAFs, as variações também foram positivas para todos os estados do Centro-Oeste. Nota-se também que, em 2017, os percentuais de participação das áreas e dos estabelecimentos com SAFs da região foram maiores que os respectivos percentuais de participação no ano de 2006 em todos os estados.

No Sudeste, o único estado que apresentou queda entre 2006 e 2017 (de 5,82%) do total de propriedades que se classificam como adotantes de Sistemas Agroflorestais foi São Paulo, enquanto nos outros três estados ocorreram aumentos dessas propriedades adotantes de SAFs no período considerado. O estado que mais aumentou o uso de SAFs na agropecuária entre 2006 e 2017 no Sudeste foi o Rio de Janeiro (46,54%), seguido de Minas Gerais (39,06%) e Espírito Santo (23,87%). Quanto às áreas com SAFs, as variações nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais apresentaram os mesmos sinais, mas não nas mesmas intensidades que tiveram as variações dos estabelecimentos na categoria em análise. Já o Espírito Santo teve variações opostas: aumento dos estabelecimentos e redução das áreas com tais sistemas (queda de 12,18%). Com exceção do estado de Minas Gerais, o Sudeste se destaca pelo baixo percentual de participação das áreas e dos estabelecimentos com SAFs. Os outros três estados da região apresentaram os menores percentuais de participação de SAFs dentro do Brasil para ambas as modalidades de agricultura (familiar e não familiar).

Por fim, quanto à evolução do número de estabelecimentos com SAFs na região Sul entre 2006 e 2017, o estado do Paraná teve uma queda de 11,45% (queda esta vinda inteiramente de unidades com agricultura familiar). No mesmo período, Santa Catarina apresentou aumento em ambas as modalidades (agricultura familiar e não familiar), com destaque para a variação de

mais de 150% no número de propriedades de agricultura não familiar que adotam SAFs. O Rio Grande do Sul também variou em 106,47% o número de estabelecimentos não familiares adotantes de SAFs, frente a 10,02% de aumento dos estabelecimentos familiares adotantes de SAFs no período em análise. Já em relação às áreas com SAFs, todos os estados do Sul apresentaram crescimento entre 2006 e 2017. Ressalta-se que a região Sul apresentou características bastante específicas: por um lado, o percentual de participação das suas áreas com SAFs é pequena, em relação às participações das demais regiões. Por outro lado, o percentual de participação de seus estabelecimentos com SAFs é relativamente alta, podendo ser comparada às participações dos estados do Nordeste, que é a região mais adotante de SAFs no Brasil.

As principais conclusões que se chega ao examinar os dados da tabela 4 é que: (1) há evoluções distintas entre os estados de uma mesma região no uso de SAFs; (2) essa evolução não é igual, necessariamente, entre número de unidades e áreas; (3) dentro de um mesmo estado não necessariamente há o mesmo comportamento no uso de SAFs entre AF e ANF; (4) a importância dos SAFs dentro de cada estado pertencente à mesma região não é homogênea. Isso implica analisar separadamente *clusters* do número de estabelecimentos que utilizam SAFs e suas áreas, bem como suas respectivas proporções, utilizando as Áreas Mínimas Comparáveis (AMC), o que será apresentado no item 4.4.

Sistemas Agroflorestais por grupos de atividade econômica

Os estabelecimentos adotantes de Sistemas Agroflorestais podem também ser identificados conforme as principais atividades econômicas que exercem. São elas: (1) pecuária e criação de outros animais; (2) produção de lavouras temporárias; (3) produção de lavouras permanentes; (4) florestas plantadas; (5) florestas nativas; (6) horticultura e floricultura; (7) aquicultura; (8) pesca e (9) produção de sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal. A Figura 7 apresenta a distribuição dos estabelecimentos com SAFs por cada uma dessas atividades nos anos de 2006 e 2017.

Figura 7 – Distribuição dos estabelecimentos adotantes dos Sistemas Agroflorestais (valores em %) segundo sua Atividade Econômica Principal nos anos de 2006 e 2017, Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

Observa-se que a principal atividade econômica nas unidades produtivas brasileiras adotantes de SAFs é a pecuária e criação de outros animais, que, em ambos os anos de 2006 e 2017, representavam mais da metade dos estabelecimentos totais adotantes de SAFs. As plantações de lavouras temporárias e permanentes representavam, respectivamente, a segunda e a terceira posições entre os estabelecimentos adotantes de SAFs. Destaca-se que, tanto em 2006 como em 2017, essas três categorias de atividades abrangiam cerca de 90% dos estabelecimentos totais que produziam via Sistemas Agroflorestais.

Em se tratando do componente florestal, entre 6% e 8% dos estabelecimentos adotantes de SAFs tinham como principal atividade a atividade florestal (tanto de florestas plantadas quanto de florestas nativas). No ano de 2006, essa porcentagem era de 8,34%, sendo que as florestas plantadas representavam a maior parcela da categoria (5,93%). Em 2017, a porcentagem da participação da atividade florestal caiu para 6,43%. Vale ressaltar que, em ambos os anos, menos de 10% dos estabelecimentos adotantes de SAFs tinham como principal atividade econômica a atividade florestal. Este resultado vai ao encontro do que é apontado por Vinholis et al. (2020): o uso do componente florestal como atividade econômica principal ainda se encontra em desenvolvimento no Brasil. As demais categorias representavam participação minoritária, tanto em 2006, como em 2017, somando cerca de 2% do total de estabelecimentos.

A Tabela 5 apresenta, por região, o número de estabelecimentos adotantes de SAFs e suas respectivas áreas, de acordo com a Atividade Econômica Principal¹¹ (classificação realizada pelos Censos Agropecuários de 2006 e 2017). Percebe-se o aumento de 43,6% no número de estabelecimentos adotantes de SAFs voltados à produção de lavouras temporárias em âmbito nacional entre 2006 e 2017. Quanto às áreas desses estabelecimentos adotantes de SAFs destinadas às lavouras temporárias, o aumento foi de 64,53% para o Brasil neste mesmo período.

O número de unidades produtivas em todo o Brasil cuja principal atividade econômica era a horticultura e a floricultura sofreu queda de 12,63% entre 2006 e 2017. Com exceção do Nordeste, que teve aumento de 20,23%, todas as outras regiões tiveram perdas no uso de SAFs nessa categoria de atividade econômica. Já as áreas dos estabelecimentos adotantes de SAFs e que se dedicam à horticultura e floricultura tiveram queda de 35,67% em todo o Brasil entre 2006 e 2017.

O número de estabelecimentos adotantes de SAFs e que se dedicam principalmente ao plantio de lavouras permanentes mais que dobrou entre 2006 e 2017 (aumento de 108,94%). A região com grande destaque nesta categoria de estabelecimentos agropecuários foi o Nordeste, que teve aumento de 185,35% neste quesito analisado. As áreas dos estabelecimentos adotantes de SAFs cuja principal atividade econômica era a produção de lavouras permanentes apresentaram aumento de 121,50% em todo o Brasil no mesmo período analisado.

Em relação aos estabelecimentos adotantes de SAFs que se dedicavam a produzir principalmente sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal, apesar dos mesmos representarem menos de 0,1% dos Sistemas Agroflorestais brasileiros em ambos os anos, observou-se variação positiva para todas as grandes regiões (crescimento global no país de 139,17%). A variação das áreas dos estabelecimentos adotantes de SAFs dedicadas a esta mesma categoria de atividade econômica no Brasil foi de 154,64% em todo o país.

O número de estabelecimentos adotantes de SAFs cuja principal atividade econômica é a pecuária e a criação de outros animais apresentou acréscimo de 74,34% em todo o Brasil entre 2006 e 2017, enquanto as áreas destes estabelecimentos adotantes de SAFs que se dedicavam a esta mesma categoria de atividade econômica variaram em 76,09% no mesmo período.

Observa-se que a quantidade de estabelecimentos adotantes de SAFs e voltados à produção de florestas plantadas reduziram em 16,12% no Brasil entre 2006 e 2017. Já as áreas

¹¹ Nos apêndices são também apresentados os *clusters* dos estabelecimentos agropecuários com Sistemas Agroflorestais no Brasil, de acordo com cada Atividade Econômica Principal (Figura A2 até Figura A10).

ocupadas por esta categoria de SAFs apresentou aumento de 2,48% entre 2006 e 2017. Por outro lado, o número de estabelecimentos com SAFs e dedicados à exploração de florestas nativas aumentou em 121,27%, enquanto as áreas ocupadas por eles elevaram-se em 125,03% no país entre 2006 e 2017.

Ainda examinando a Tabela 5, a quantidade de unidades produtivas com SAFs dedicadas à pesca sofreu ligeira queda de 3,75% entre os anos de 2006 e 2017 no acumulado do país. Mas a área total dessas unidades produtivas aumentou em 48,69% no mesmo período. Por fim, a quantidade dos estabelecimentos que usam SAFs e se dedicam à atividade de aquicultura apresentou crescimento total no Brasil de 151% entre 2006 e 2017, enquanto o aumento de suas áreas foi de 34,78%. Vale ressaltar que estas duas últimas atividades econômicas representam juntas uma porcentagem pequena frente às unidades totais que usam SAFs (menos de 0,5%).

Tabela 7 - Sistemas Agroflorestais por Grupos de Atividade Econômica Principal dos estabelecimentos agropecuários brasileiros - anos de 2006 e 2017

Atividade econômica	Ano	Estabelecimentos (unidades)						Área (ha)					
		Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-oeste	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-oeste
Produção de lavouras temporárias	2006	97.452	12.805	52.534	6.422	24.500	1.191	1.696.587	285.856	997.864	139.186	174.325	99.356
	2017	139.970	14.899	85.500	9.939	27.458	2.174	2.791.359	321.039	1.792.249	174.775	215.784	287.513
	Variação (%)	43,63	16,35	62,75	54,76	12,07	82,54	64,53	12,31	79,61	25,57	23,78	189,38
Horticultura e floricultura	2006	6.453	543	2.116	1.640	1.846	308	82.447	12.884	21.421	23.853	11.865	12.424
	2017	5.638	367	2.544	1.408	1.153	166	53.035	3.928	28.120	13.525	4.371	3.092
	Variação (%)	-12,63	-32,41	20,23	-14,15	-37,54	-46,10	-35,67	-69,51	31,27	-43,30	-63,16	-75,11
Produção de lavouras permanentes	2006	16.902	3.157	8.703	3.104	1.806	132	256.435	55.539	149.334	36.408	10.623	4.531
	2017	35.315	3.745	24.834	3.203	3.311	222	567.996	60.568	425.833	49.584	27.044	4.967
	Variação (%)	108,94	18,63	185,35	3,19	83,33	68,18	121,50	9,05	185,15	36,19	154,58	9,62
Produção de sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal	2006	120	3	77	12	24	4	3.880	308	459	645	211	2.257
	2017	287	8	153	71	43	12	9.880	-	1.526	6.152	-	-
	Variação (%)	139,17	166,67	98,70	491,67	79,17	200,00	154,64	-	232,46	853,80	-	-
Pecuária e criação de outros animais	2006	158.275	14.762	91.269	22.716	21.924	7.604	5.167.747	738.380	2.895.738	670.734	261.300	601.594
	2017	275.934	15.902	190.133	30.774	28.123	11.002	9.099.830	934.722	5.764.707	781.443	369.724	1.249.235
	Variação (%)	74,34	7,72	108,32	35,47	28,27	44,69	76,09	26,59	99,08	16,51	41,49	107,65
Produção florestal - florestas plantadas	2006	18.132	2.678	10.375	2.121	2.229	729	921.521	158.440	465.632	110.653	41.162	145.633
	2017	15.210	768	9.431	1.719	2.795	497	944.363	88.658	497.010	118.382	93.384	146.930
	Variação (%)	-16,12	-71,32	-9,10	-18,95	25,39	-31,82	2,48	-44,04	6,74	6,98	126,87	0,89
Produção florestal - florestas nativas	2006	7.380	1.663	4.320	514	832	51	158.833	27.316	105.359	9.814	10.423	5.921
	2017	16.330	3.358	9.878	1.638	1.391	65	357.426	74.309	222.415	13.605	28.746	18.352
	Variação (%)	121,27	101,92	128,66	218,68	67,19	27,45	125,03	172,03	111,10	38,63	175,79	209,95
Pesca	2006	533	271	237	15	7	3	5.219	2.217	2.863	115	18	7
	2017	513	304	188	9	11	1	7.760	6.233	1.474	34	-	-
	Variação (%)	-3,75	12,18	-20,68	-40,00	57,14	-66,67	48,69	181,15	-48,52	-70,43	-	-
Aquicultura	2006	578	155	218	52	137	16	23.450	2.347	9.236	897	1.150	9.820
	2017	1.450	221	842	91	191	105	31.605	-	23.292	1.070	592	2.749
	Variação (%)	150,87	42,58	286,24	75,00	39,42	556,25	34,78	-	152,19	19,29	-48,52	-72,01

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

Do acima exposto, constata-se que há evolução diferenciada no espaço da atividade principal dos estabelecimentos e das áreas adotantes dos SAFs, apesar dos mesmos se dedicarem fortemente à pecuária e criação de outros animais.

4.4 Análise espacial da distribuição dos Sistemas Agroflorestais dentro dos estados brasileiros

Como evidenciado no item anterior, há evolução distinta, entre 2006 e 2017, no uso de SAFs entre os estados brasileiros e em cada estado ocorre, de modo geral, evolução diferente no número de estabelecimentos que usam esse sistema *versus* a área total dos estabelecimentos que usam SAFs entre os citados anos. Visando avaliar a evolução **dentro** dos estados brasileiros (considerando seus municípios) do uso de SAFs, procede-se nesta seção a análise de quantos estabelecimentos agropecuários existem dentro de cada município brasileiro que usam SAFs (Figura 8), a dimensão das áreas dos estabelecimentos que usam SAFs por município (Figura 9) e as importâncias desses estabelecimentos e de suas áreas dentro da agropecuária do município (Figuras 10 e 11, respectivamente). Como houve alteração do número de municípios do Brasil entre 2006 e 2017, os municípios existentes em 2017 foram agrupados em áreas mínimas comparáveis (AMC) de modo a compatibilizar as análises para os anos de 2006 e 2017. Nas Figuras 8 e 9 dividiu-se o indicador em análise em dez faixas e nas Figuras 10 e 11 os indicadores foram divididos em oito faixas, de modo a evidenciar possíveis mudanças de aglomerações no uso de SAFs entre 2006 e 2017.

A Figura 8 traz a distribuição do número de estabelecimentos agropecuários que adotam SAFs em cada município nos anos de 2006 e 2017 considerando dez faixas para esse número de estabelecimentos. Observa-se que há grande presença numérica desses estabelecimentos no Nordeste, oeste do Pará, oeste do Mato Grosso do Sul, e norte de Minas Gerais, bem como nos estados do Sul do Brasil em 2006 (com municípios tendo mais de 46 estabelecimentos agropecuários que usam SAFs, o que corresponde às três maiores faixas que compõem a Figura 8). Essa grande presença de estabelecimentos que adotam SAFs continua a existir nessas regiões em 2017, mas também aumenta sua quantidade em áreas de fronteiras internacionais, como do Mato Grosso do Sul com Bolívia, Amazonas com Colômbia e Roraima com Venezuela.

Figura 8 - Distribuição dos estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais por AMC em 2006 e 2017

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

Ao se avaliar a área total dos estabelecimentos agropecuários que adotam SAFs, Figura 9, agora considerando outras faixas de mensuração, observa-se que há grande concentração de áreas usando SAFs nos municípios que compõem o oeste do Pará, oeste do Mato Grosso do Sul, áreas do sertão e agreste do Nordeste, mas não no Sul do Brasil em 2006. Em 2017, o cenário alusivo à distribuição da área total dos estabelecimentos agropecuários que adotam SAFs é parecido com o cenário do ano de 2006, com destaque para o visível aumento dessas áreas no oeste do Pará.

Comparando as Figuras 8 e 9 constata-se a diferença de distribuição do número e da área dos estabelecimentos que usam SAFs, o que reforça a importância do uso em separado desses dois indicadores.

Figura 9 - Distribuição da área total dos estabelecimentos (em hectares) que adotam Sistemas Agroflorestais por AMC nos anos de 2006 e 2017

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

A Figura 10 considera a importância relativa dos estabelecimentos que adotam SAFs em relação ao total de estabelecimentos agropecuários existentes no município. O indicador foi dividido em 8 faixas, que variavam entre estabelecimentos que usam SAFs cuja proporção era inferior a 10% do total existente no município até essa proporção ser superior a 80%.

Figura 10 - Proporção (%) dos estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais dentro de cada AMC nos anos de 2006 e 2017

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

De forma geral, poucos municípios brasileiros apresentavam percentual de proporção de estabelecimentos voltados aos SAFs acima de 10%. Entretanto, entre os anos de 2006 e 2017, percebe-se avanços desta modalidade em algumas regiões específicas, especialmente no Nordeste.

Com exceção do estado da Paraíba, o notável avanço da proporção de estabelecimentos com SAFs em nível de municípios aconteceu para todos os estados do Nordeste. No ano de 2006, essa participação girava em torno de 3% a 9% entre os estados da região. No ano de 2017, essa participação em diversos estados do Nordeste aumentou para mais de 10%, com destaque para o estado do Piauí, que cresceu de 7,8% em 2006 para 30,4% em 2017.

A Figura 11 considera a importância relativa da área dos estabelecimentos que adotam SAFs em relação à área agropecuária de cada município. Nota-se que havia em 2006 forte presença relativa desses estabelecimentos, tanto em número como em área, nos Estados nordestinos, sendo que essa frequência aumentou em 2017 e passa também a ser maior no Sul do Brasil.

As Figuras 8 a 11 indicam que a distribuição dos estabelecimentos que adotam SAFs, suas áreas totais e a importância dos mesmos (em número e área) dentro do município não é homogênea dentro dos Estados, havendo padrões similares nas fronteiras dos estados brasileiros, o que sugere haver associações espaciais desses indicadores.

Figura 11 - Proporção (%) das áreas (ha) com Sistemas Agroflorestais dentro da área agropecuária de cada AMC nos anos de 2006 e 2017

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b).

O cálculo do *I* de Moran, que foi realizado com base na matriz de peso de 5 vizinhos mais próximos, indica ocorrer associações espaciais entre os municípios brasileiros quanto aos valores dos quatro indicadores de avaliação do uso de SAFs. E o fato de os *I* de Moran serem positivos indica que um município com grande (ou pequeno) número de estabelecimentos que adotam SAFs, é rodeado de municípios que também apresentam grande (ou pequeno) número de estabelecimentos que adotam SAFs (o mesmo se aplica aos três outros indicadores apresentados na Tabela 6). Sendo que essas associações ampliaram de 2006 para 2017, pois o *I* de Moran de 2017 é maior do que o de 2006, para cada indicador analisado.

Tabela 8 - Resultados do *I* de Moran Local por variável

Variável	Ano	<i>I</i> de Moran Local
Área SAFs (ha) - valor absoluto	2006	0,238*
	2017	0,323*
Área SAFs (ha) - percentual	2006	0,294*
	2017	0,561*
Estabelecimento com SAFs - valor absoluto	2006	0,414*
	2017	0,485*
Estabelecimento com SAFs - percentual	2006	0,295*
	2017	0,530*

Fonte: Elaborado pelo autor com base no IBGE (2020a; 2020b), gerando as Figuras 8 a 11.

Nota: * estatisticamente significativo a 0,01% e com 99.999 permutações aleatórias.

Fruto dos resultados anteriores, apresentam-se na Figura 12 os *clusters* dos Sistemas Agroflorestais em 2006 e em 2017 de acordo com quatro variáveis: número de estabelecimentos que adotam SAFs em cada município, área total dos estabelecimentos que adotam SAFs em cada município, importância (em %) dos estabelecimentos que adotam SAFs em relação ao total de estabelecimentos agropecuários que existem em cada município, e importância (em %) em cada município da área dos estabelecimentos que adotam SAFs em relação à área total da agropecuária do município. Para elaboração dos *clusters*, foram utilizados os resultados dos *I* de Moran locais (ver Tabela 6).

De acordo com a Figura 12, observa-se a formação de *clusters* em diferentes regiões do Brasil. Em boa parte do Nordeste e em algumas partes do Norte e do Sul, haviam *clusters* com alta incidência (alto-alto) de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, sinalizando uma aglomeração de municípios vizinhos com alta adoção dessa tecnologia de produção agropecuária (SAF). Por outro lado, *clusters* de baixa incidência (baixo-baixo) foram formados em boa parte das regiões Sudeste e Centro-Oeste, e em algumas partes do Norte.

Quando analisados os mapas com valores absolutos das áreas com SAFs, a região Sul apresentou inexpressivos *clusters* de alta incidência (alto-alto). O Centro-Oeste, por sua vez,

apresentou expressivos *clusters* alto-alto (AA) nesta categoria, e o Norte apresentou diversas áreas com *clusters* baixo-alto.

Quando observadas as proporções das áreas com SAFs, os *clusters* eram basicamente compostos por aqueles com alta incidência (alto-alto) na região Nordeste, e baixa incidência (baixo-baixo) no Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Em relação às proporções dos estabelecimentos com SAFs, há pequenos *clusters* de alta incidência na região do Sul (em ambos os anos) e no estado do Acre (no ano de 2006).

Como pode ser observado nas Figuras 8, 9, 10, 11 e 12, houve crescimento dos valores absolutos e percentuais dos estabelecimentos e áreas com Sistemas Agroflorestais entre 2006 e 2017. Ainda que os principais fatores que motivam a adoção de SAFs tenham sido abordados na subseção 3.1, isto é, a busca dos produtores por processos que lhes garantam menores custos e, conseqüentemente, maior lucratividade, vale mencionar também, como será feito na próxima seção, alguns fenômenos econômicos, ambientais e sociais que aconteceram no Brasil entre os anos de 2006 e 2017 e que possam ter contribuído, ainda que em menor magnitude, para esse crescimento observado na adoção de SAFs. Entre esses anos, por exemplo, ampliou-se a preocupação com as questões ambientais e estabeleceu-se algumas orientações que levaram à implementação de políticas públicas de caráter agroambiental – políticas públicas estas que anteriormente tinham como foco outras questões, como por exemplo: aumento da produção (sem necessariamente estar atrelado à produção sustentável), como o crédito rural e a extensão.

Estabelecimentos com SAFs

Áreas com SAFs

Proporção unidades de SAFs em relação às unidades totais

Proporção área de SAFs em relação à área total

Figura 12 - Evolução dos *clusters* de Sistemas Agroflorestais

Fonte: IBGE (2020a; 2020b).

4.5 Economia Verde e Políticas Públicas estimuladoras da adoção de SAFs no Brasil

A modernização e a globalização da economia brasileira, principalmente nos últimos 20 anos, aconteceram simultaneamente à incorporação de algumas mudanças de comportamento pela sociedade, em especial, houve a maior conscientização sobre a preservação da natureza e uso dos recursos naturais. A fim de extinguir modelos insustentáveis de produção e de consumo, percebe-se a necessidade de adaptação de todos os estágios da cadeia produtiva, o que inclui desde o setor primário até o consumidor final. Na perspectiva da oferta, um processo de produção sustentável visa obter melhorias quanto às condutas ambientais ao longo do processo produtivo. Nessa ótica, para que as empresas possam se tornar competitivas e permanecer no mercado, as mesmas precisam utilizar os recursos naturais de forma eficiente e sustentável. Na perspectiva da demanda, o consumo sustentável incentiva os consumidores a se tornarem mais conscientes dos impactos ambientais e sociais causados pelo consumo, e, com isso, deem preferência a produtos cujo processo produtivo seja o menos ambientalmente invasivo possível (SAMBUICHI et al., 2014).

Nesse contexto, vale mencionar a Economia Verde: uma iniciativa lançada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) no ano de 2008, que apresenta um padrão de desenvolvimento econômico que considera questões além do preço e da qualidade de um bem ou serviço; leva em conta também os danos ambientais causados durante a produção, a distribuição e o descarte dos itens comercializados (ASSAD, MARTINS e PINTO, 2012). Em virtude de novos consumidores passarem a buscar produtos sustentáveis, aumenta-se também o número de fornecedores que passam a se especializar em sua produção, utilizando do apelo ambiental como ferramenta para fomentar estratégias de negócios que lhes proporcionem vantagens competitivas. Tanto que um dos motivos que mais incentivam as empresas a buscarem implementação de técnicas sustentáveis em seu negócio é a visível geração de valor que seria agregada à sua cadeia produtiva (YAGASAKI e MARTINS, 2012).

Considerando o foco desta dissertação, atenção especial é dada às políticas agroambientais, que buscam minimizar os impactos causados pela agropecuária ao meio ambiente. Conforme exposto por Sambuichi et al. (2014), os principais instrumentos para execução das políticas agroambientais são os de comando e controle (aqueles que limitam ou condicionam o uso dos recursos naturais) e os incentivos econômicos (os tributos, os subsídios e o pagamento por serviços ambientais). Frente ao empenho mundial para que os países se unissem contra as mudanças climáticas, o Brasil participou de diversos acordos internacionais,

tais como, por exemplo, a COP 15, COP 21, COP 26 e RIO+20, e pautou agendas em prol da sustentabilidade.

Com isso, governanças públicas e privadas passaram a estimular a efetivação de acordos, protocolos, padrões e certificações transnacionais que sustentassem a execução de práticas sustentáveis. Exemplo de certificação ambiental vigente no Brasil é o selo Carne Carbono Neutro (CCN), uma marca-conceito desenvolvida pela Embrapa que confere um selo ao gado de corte oriundo de sistemas de integração com presença obrigatória do componente arbóreo. Este selo fomenta a implementação de sistemas de produção pecuária mais sustentáveis e incentiva a introdução de SAFs na propriedade, além de ser utilizado com o intuito de atestar que a produção da carne bovina segue uma série de diretrizes, tais como, por exemplo, apresentar seus volumes de emissão de GEEs neutralizados por meio do componente florestal presente nos sistemas integrados do tipo silvipastoril ou agrossilvipastoril (ALVES, et al., 2015). O projeto que originou este selo teve início em 2012 e, apesar de não haver informações a respeito da distribuição espacial dos produtores que adotam esse selo no Brasil, é possível que o mesmo tenha exercido alguma influência na adoção de SAFs pelos pecuaristas.

No ano de 2012, após vários debates e discussões, foi aprovada a Lei nº 12.651, que criou o Novo Código Florestal e revogou o Código Florestal de 1965, sendo que aquele instituiu diretrizes inovadoras como, por exemplo, o Cadastro Ambiental Rural (CAR). O Novo Código Florestal consolidou a legislação que determina as normas para proteção da vegetação nativa, de forma a conciliar preservação das florestas com a promoção do desenvolvimento econômico para os imóveis rurais do país (SAVIAN et al., 2014). O Novo Código florestal de 2012 incentiva a adoção de SILPF à medida que: (1) Prevê a inclusão das plantações de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, na delimitação da área de reserva legal da propriedade, desde que cultivadas com espécies nativas por meio de Sistemas Agroflorestais; (2) Estabelece que o poder público deva criar programas de apoio técnico e incentivos financeiros para a implementação de sistemas integrados do tipo agrossilvopastoril (BRASIL, 2012).

Entre os programas voltados à assistência técnica que envolvem SAFs, pode-se citar a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PNATER), criada em 2003 e instituída formalmente em 2004 pelo então Ministério do Desenvolvimento Agrário, sendo ela a primeira política pública do governo federal de extensão a incluir a temática da agroecologia para desenvolvimento de estratégias sustentáveis de desenvolvimento rural. A PNATER esteve vigente até 2009 e proporcionou o fortalecimento das entidades estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) e apoio financeiro para dezenas de ONGs que atuavam como incentivadores da agroecologia, inclusive promovendo a adoção de SAFs (CAPORAL, 2014).

Os dados dos Censos Agropecuários permitem diagnosticar se estabelecimentos agropecuários fizeram uso de assistência técnica, e os modelos econométricos poderão captar os efeitos da assistência técnica na adoção de SAFs, conforme será apresentado no item 4.6.

Sobre ações abrangendo sistemas integrados e boas práticas agrícolas, pode-se citar alguns programas locais, desenvolvidos ao longo das últimas duas décadas, envolvendo o uso de SAFs em alguma etapa da execução. Como no caso de atividades de pesquisa em recuperação de pastagens degradadas ou manejo de pastagens produtivas na Amazônia brasileira (DIAS, 2014b), ou ainda a execução de projetos que estimularam a evolução de instituições locais comprometidas com a conservação e desenvolvimento sustentável da região noroeste do Mato Grosso, que é uma das fronteiras florestais mais ativas do mundo (NUNES, VIVAN e MAY, 2014).

Quando se trata de incentivos financeiros voltados a práticas agropecuárias sustentáveis, o Brasil ganhou destaque ao criar linhas inovadoras de crédito que subsidiam tais ações. No ‘Plano Agrícola e Pecuário (PAP)’ e nos anteriores ‘Plano Safra da Agricultura Familiar’, o Governo Federal investiu progressivamente na agropecuária sustentável por meio de políticas públicas de desenvolvimento econômico (SCHEUER, 2019).

Uma das principais políticas agrícolas que aborda o desenvolvimento sustentável da agropecuária no Brasil foi o Plano para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura - Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono) – criado em 2010 pelo Governo Federal, que busca reduzir as emissões de GEE na agropecuária entre 134 a 163 milhões de toneladas de CO₂ via aumento da eficiência da produção e uso dos recursos naturais. Essa redução seria alcançada, entre outras medidas, pela ampliação em 4 milhões de hectares da adoção de SILPF e expansão do plantio de florestas em 3,0 milhões de hectares (MAPA, 2012).

No Plano ABC estão previstas ações voltadas a oferecer incentivos econômicos e financiamento aos produtores para implantar as atividades propostas pelo Plano. O Programa ABC é uma dessas ações, executado por meio de uma das primeiras linhas oficiais de crédito a financiar especificamente práticas de baixas emissões de carbono no mundo, inserido no Plano Safra 2010-2011. Uma das modalidades de crédito do Programa ABC é voltada unicamente a propriedades com SILPF, ao conceder benefícios e créditos com taxas de juros mais atrativas aos agricultores que adotarem sistemas integrados no estabelecimento agrícola (MAPA, 2012).

De acordo com os dados¹² informados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Programa ABC liberou, entre janeiro/2013 e novembro/2019, empréstimos no valor de R\$830.888.185,16 para financiar projetos que implementaram sistemas de ILPF numa área total de 403.787,07 hectares ao longo de todo o Brasil. A distribuição desse valor entre as grandes regiões do Brasil foi a seguinte: Sudeste (45,79%); Centro-Oeste (24,01%); Norte (13,90%); Sul (9,03%); e Nordeste (7,27%), conforme apontado pela Figura 13.

A distribuição espacial dos valores de contratos, ilustrada pela Figura 13, apresenta características similares à distribuição espacial dos sistemas SILPF apresentados pela Rede ILPF (Tabela 2): predominância nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, principalmente na região do bioma cerrado.

Figura 13 - Distribuição dos empréstimos oriundos da linha de crédito do Programa ABC destinados à ILPF entre 2013 e 2019, Brasil.

Fonte: Imagem produzida pela equipe da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação, MAPA (2020).

¹² Os dados da linha de crédito do Programa ABC destinados aos SILPF, assim como a Figura 13, foram concedidos ao autor deste trabalho pelos integrantes do Departamento de Produção Sustentável e Irrigação – DEPROS, da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação (SDI) - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, via e-mail e considerando todas as condições de sigilo necessárias.

O Projeto ABC Cerrado foi outra ação financiada pelo Plano ABC e vigente entre 2014 e 2019. Trata-se de uma iniciativa que recuperou, em cinco anos, mais de 93 mil hectares de áreas degradadas na região do Cerrado. Nesse período, 7,8 mil produtores rurais tiveram acesso à capacitação e assistência técnica a fim de implementar em seus estabelecimentos agropecuários tecnologias de baixa emissão de carbono. Segundo os resultados do projeto, as estratégias adotadas (entre elas a adoção de SILPF) permitiram ao produtor incrementar sua renda e diversificar a atividade produtiva em consonância com a conservação ambiental do local (CNA, 2020).

Com o lançamento do Plano Agrícola e Pecuário e Plano Safra 2013/14, foram concedidas algumas linhas de crédito ao produtor que estivesse disposto a produzir de forma sustentável, como o Programa de Incentivo à Irrigação e à Armazenagem (Moderinfra) e o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (Inovagro). O Moderinfra financia o desenvolvimento da agropecuária irrigada de forma econômica e ambientalmente sustentável, de modo a minimizar o risco na produção e aumentar a oferta de produtos agropecuários. Entre os investimentos financiados, pode-se citar os sistemas de irrigação e aquisição de instalações de algumas culturas e espécies florestais. O Inovagro é uma linha de crédito rural que incentiva a inclusão da tecnologia nos estabelecimentos rurais, visando aumento da produtividade e adoção de boas práticas agropecuárias (BCB, 2020). O Plano Safra 2021/2022 também proporcionou aumento de recursos destinados à implementação de técnicas agropecuárias sustentáveis, como o Programa de Financiamento à Agricultura Irrigada e ao Cultivo Protegido (Proirriga), que concede crédito para financiar o desenvolvimento da agropecuária irrigada sustentável (BCB, 2021).

Outros financiamentos, não necessariamente criados entre 2006 e 2017, também contemplam muitos produtores de SAFs nesse período de tempo. É o caso do Pronaf, com a linha de crédito Pronaf Floresta, voltado a projetos que fazem uso de Sistemas Agroflorestais, plano de manejo florestal, recomposição e manutenção de áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL); ou programas financiados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), como o BNDES Finem - Meio Ambiente – que financiam atividades como: restauração de áreas em biomas brasileiros, recuperação de ecossistemas e biodiversidade, plantios de espécies florestais nativas e plantios intercalados entre espécies nativas e exóticas.

Os dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 nos permitem observar se os estabelecimentos adotantes de SAFs fizeram uso do crédito rural como um todo, e não apenas

de alguns tipos de programas (como os que foram mencionados nesta seção). Espera-se que a ampliação da oferta do crédito rural amplie o uso de SAFs, conforme apontado pela literatura descrita na subseção 2.4.

4.6 Determinantes da adoção dos Sistemas Agroflorestais entre 2006 e 2017

Nesta seção serão apresentados os determinantes da adoção dos Sistemas Agroflorestais no Brasil. Primeiramente serão apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos (subseção 4.6.1) como forma de auxiliar na compreensão e interpretação destes dados. Logo depois, na subseção 4.6.2, serão especificados e estimados os modelos econométricos, junto da análise de seus resultados.

4.6.1 Estatísticas descritivas

As estatísticas descritivas das variáveis socioeconômicas que serão utilizadas no modelo econométrico, conforme fora abordado na seção 3.2 deste trabalho, estão apresentadas na Tabela 7. Para melhor visualização da evolução destas variáveis entre 2006 e 2017, optou-se por apresentar separadamente a média e desvio-padrão de cada variável para cada um desses anos.

Tabela 9- Estatísticas descritivas das variáveis determinantes dos estabelecimentos adotantes de Sistemas Agroflorestais (%) por áreas mínimas comparáveis (AMCs) do Brasil - anos de 2006 e 2017

Variáveis	2006		2017	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Estabelecimentos com SAFs (%)	5,62	8,08	8,43	14,69
Agricultura familiar (%)	78,21	16,13	72,46	14,61
Associação do produtor à cooperativa ou entidade de classe (%)	31,32	20,33	37,96	21,48
Atividade econômica do estabelecimento - Pecuária (%)	49,57	24,53	52,58	25,53
Atividade econômica do estabelecimento - Lavoura (%)	41,65	23,99	39,23	24,39
Atividade econômica do estabelecimento - Floresta (%)	3,17	6,25	3,08	6,14
Rebanho (cabeças / ha)	0,57	0,38	0,54	0,4
Crédito rural (%)	17,94	14,39	16,97	12,35
Nível educacional do produtor (%)	14,98	12,34	26,43	13,87
Idade do produtor (%)	64,2	9,98	74,14	9,33
Relação terra/capital (ha/unidades de máquinas)	916,92	2140,87	549,15	1573,36
Orientação técnica (%)	30,11	23,84	27,91	23,15
Pastagens degradadas (ha)	18,08	14,26	20,23	21,19
Relação terra/trabalho (ha / pessoas)	27,75	50,09	26,56	38,48
Posse estável da terra (%)	79,59	18,55	81,16	16,01
Boas práticas agrícolas (%)	55,99	24,63	54,92	25,7
Produção agropecuária (R\$ / ha)	932,37	3,74	1.316,17	6,82
Tamanho médio dos estabelecimentos (ha / unidades)	94,16	202,69	96,12	199,13

Fontes: Resultados da pesquisa

Os valores expostos na Tabela 7, referentes às médias entre as AMCs nos anos de 2006 e 2017, indicam que houve diferentes variações do parâmetro (média) das variáveis entre os dois anos analisados. Em média, os estabelecimentos que usavam SAFs no ano de 2006 correspondiam a 5,62% dos estabelecimentos agropecuários das AMCs, enquanto no ano de 2017 esse percentual passou a ser 8,43% dos estabelecimentos agropecuários das AMCs. Entre as demais variáveis organizadas em forma de valor percentual, a que apresentou maior destaque foi a que tratava do nível educacional do produtor: a média dos produtores que possuíam ao menos ensino médio completo para cada estabelecimento agropecuário das AMCs passou de 14,98% em 2006 para 26,43% em 2017. Outras variáveis (medidas em percentuais) que apresentaram aumento da média nos estabelecimentos agropecuários nas AMCs entre 2006 e 2017, ainda que em menores magnitudes, foram: associação do produtor à cooperativa ou entidade de classe; estabelecimentos voltados à atividade pecuária; estabelecimentos cuja idade do produtor era acima de 45 anos; e estabelecimentos em que o produtor tinha posse estável da terra. Por outro lado, algumas variáveis apresentaram redução de suas médias percentuais nos estabelecimentos agropecuários nas AMCs entre 2006 e 2017, foram elas: estabelecimentos com agricultura familiar; estabelecimentos voltados à produção de lavouras; estabelecimentos voltados à produção de florestas; estabelecimentos que tiveram acesso ao crédito rural; estabelecimentos em que os produtores receberam alguma orientação técnica; e estabelecimentos que adotaram boas práticas agrícolas.

A variável rebanho, que é o número de cabeças do rebanho dos estabelecimentos agropecuários das AMCs dividido pela área agrícola das AMCs, apresentou uma pequena redução de 0,57 em 2006 para 0,54 em 2017, indicando assim que diminuiu a média de cabeça de rebanho por hectare nos estabelecimentos agropecuários das AMCs nesse período de tempo. A variável que trata da relação terra/trabalho também apresentou pequena redução, ou seja, em média, há mais pessoas empregadas por hectare de área agrícola das AMCs que usam SAFs no ano de 2017 do que no ano de 2006. A média da produção agropecuária (que apresenta o valor da produção dos estabelecimentos das AMCs dividida pela área agrícola das AMCs), mesmo depois de os valores do ano de 2006 terem sido inflacionados¹³ a preços do ano de 2017, aumentou de R\$932,37 em 2006 para R\$1.316,17 em 2017. Isso implica que, entre o período

¹³ A fim de analisar a evolução dos valores reais da variável ‘produção agropecuária’ entre os anos de 2006 e 2017, os valores da produção agropecuária do ano de 2006 foram inflacionados a preços do ano de 2017 por meio do Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), calculado pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

de 2006 a 2017, houve um aumento do valor médio produzido por hectare de terra agrícola no Brasil.

A relação terra/capital, que é a área agrícola das AMCs dividida pelo número de maquinário agrícola dos estabelecimentos agropecuários das AMCs, teve queda entre os dois anos analisados, indicando, assim, aumento médio de maquinário usado por cada hectare de terra explorada nas AMCs e que é um indicador que evidencia o avanço do processo de mecanização da agropecuária, com inserção de novos equipamentos e tecnologias no processo produtivo. As variáveis que mensuram as pastagens degradadas e o tamanho médio dos estabelecimentos agrícolas nas AMCs apresentaram elevação de sua média entre 2006 e 2017.

4.6.2 Especificação e estimação do modelo econométrico

Os dados foram organizados de forma a garantir um painel balanceado¹⁴ composto por dados referentes a 5.566 AMCs para cada um dos anos de 2006 e 2017. Com isto, existem 11.132 observações para cada variável a ser considerada no modelo econométrico.

Seguindo o exposto no item 3.1.6, inicialmente foram realizados testes para escolha do melhor modelo de dados em painel a ser adotado. O teste de Breush-Pagan apresentou estatística chi-quadrado de 605,8, com 17 graus de liberdade, que foi estatisticamente significativo a 1%. Com este resultado, percebe-se que há presença de efeitos individuais no modelo. Logo, os mesmos devem ser considerados por meio da utilização dos modelos de efeitos fixos ou aleatórios.

A próxima etapa foi realizar o teste de Hausman para dados espaciais em painel, proposto por Mutl e Pfaffermayr (2011), e utilizado para avaliar a consistência do estimador de efeitos fixos comparado ao estimador de efeitos aleatórios. A estatística chi-quadrado deste teste foi de 324,88, com 17 graus de liberdade e significância estatística ao nível de 1%. Para o teste de Hausman não-espacial, que não considera a associação espacial na análise, a estatística chi-quadrado foi de 372,62, também significativa ao nível de 1%. Como o teste apontou a rejeição da hipótese nula, há correlação entre os efeitos e os regressores; com isso, os estimadores do modelo de efeitos aleatórios não seriam consistentes. Conclui-se, então, que o modelo de estimação com dados em painéis que deve ser considerado é o de efeitos fixos¹⁵.

¹⁴ Um painel balanceado é aquele que o número de observações é igual para todos os períodos considerados.

¹⁵ Quando se estima um modelo de efeitos não-observados, seja ele espacial ou não-espacial, o método de estimação deve ser consistente. Caso o modelo mais apropriado seja o de efeitos aleatórios, mas for empregado o modelo de efeitos fixos, a estimação dos coeficientes será justa, embora não eficiente. Por outro lado, se o modelo apropriado for o de efeitos fixos, e por engano for adotado o modelo de efeitos aleatórios, os coeficientes serão viesados, ineficientes e inconsistentes (JHONSTON e DINARDO, 1997 *apud* ALMEIDA, 2012). Esse é outro argumento que corrobora com a escolha do modelo de efeitos fixos neste trabalho.

Uma vez que foi escolhido o modelo de efeitos fixos para tratamento dos dados em painéis (mas ainda não espacial), o próximo passo foi observar, por meio de testes difusos, se os resíduos do modelo empregado apresentavam presença de autocorrelação espacial. Desta forma, o teste de *I* de Moran Global calculado para os resíduos do modelo (modelo este em que a variável dependente é o percentual de estabelecimentos que usam SAFs sobre o total existente de estabelecimentos agropecuários e as variáveis independentes são aquelas apresentadas no Quadro 3) apresentou estatística com valor 0,147 e foi estatisticamente significativa ao nível de 1%. O valor estimado de 0,147 indica que estabelecimentos adotantes de Sistemas Agroflorestais tendem a estar próximos de outros estabelecimentos adotantes de Sistemas Agroflorestais. Assim, a análise dos determinantes dos Sistemas Agroflorestais deve considerar que a adoção dos Sistemas Agroflorestais não se distribui aleatoriamente no espaço.

A matriz de peso utilizada para realizar os testes difusos e focados de autocorrelação dos resíduos, assim como para estimar os modelos espaciais, foi a de 5 vizinhos mais próximos, que apresentou melhor resultado entre as demais¹⁶.

Na sequência, foram realizados os testes focados para indicação do processo estocástico gerador da autocorrelação. Por meio do teste de Multiplicador de Lagrange para dados em painel empilhados, foram testadas a hipótese de ausência de autocorrelação devido a uma possível defasagem espacial omitida (LMlag) e a hipótese de ausência de autocorrelação devido a uma possível omissão do erro autorregressivo espacial (LMerro). Como pode ser observado na Tabela 8, as estatísticas das duas hipóteses foram estatisticamente significativas. Com isso, foram estimados os mesmos testes em suas versões robustas (RLMlag e RLMerro), e ambos foram novamente estatisticamente significativos ao nível de 1%.

Tabela 10 - Diagnóstico do processo estocástico gerador da autocorrelação, 2006 e 2017

Estatística	Estimativa	Significância
LMlag	592,37	0,001
LMerro	416,16	0,003
RLMlag	432,19	0,001
RLMerro	73,07	0,009

Fonte: Resultados da pesquisa

Florax et al. (2003) apresentam algumas formas de interpretar os testes de Multiplicador de Lagrange convencional e robusto para especificação do modelo, como o procedimento clássico, o robusto, o híbrido e o de Hendry. Entretanto, a fim de averiguar os ajustes dos três

¹⁶ Ver Tabela A1 dos apêndices

modelos espaciais mais apropriados para o contexto da pesquisa¹⁷, conforme já justificado na parte de metodologia, foram estimados os seguintes modelos de painéis espaciais: o SAR, o SEM e o SARAR. Como pode ser observado na Tabela 9, que apresenta os resultados das estimativas, os 3 modelos convergem por apresentarem, de modo geral, os mesmos sinais para os coeficientes estimados.

Tabela 11 - Estimativas para os determinantes dos SAFs por modelos espaciais, 2006 e 2017

Variável	SAR			SEM			SARAR		
	Estimativa	Desvio-padrão		Estimativa	Desvio-padrão		Estimativa	Desvio-padrão	
Lambda (λ)	-	-		0,0522 ***	0,0154		0,2443 ***	0,0321	
Rho (ρ)	0,0245 **	0,0156		-	-		-0,2485 ***	0,0412	
Associação	0,0110 ***	0,0057		0,0321 ***	0,0056		0,0112 **	0,0055	
Agricultura familiar	-0,0492 ***	0,0100		-0,0406 ***	0,0101		-0,0462 ***	0,0098	
Atividade econômica do estabelecimento - Pecuária	0,1147 ***	0,0120		0,0908 ***	0,0120		0,1058 ***	0,0119	
Atividade econômica do estabelecimento - Lavoura	-0,0131	0,0117		-0,0195	0,0116		-0,0150 *	0,0115	
Atividade econômica do estabelecimento - Floresta	0,1410 ***	0,0203		0,1711 ***	0,0201		0,1383 ***	0,0199	
Rebanho	-5,1072 ***	0,3290		-5,4842 ***	0,3238		-4,8567 ***	0,3192	
Crédito rural	0,0356 ***	0,0113		0,0370 ***	0,0114		0,0314 ***	0,0110	
Nível educacional do produtor	-0,1151 ***	0,0131		-0,0566 ***	0,0123		-0,1029 ***	0,0128	
Idade do produtor	0,0420 ***	0,0143		0,0976 ***	0,0134		0,0315 **	0,0139	
Relação terra/capital	0,0002 ***	0,0000		0,0002 ***	0,0000		0,0002 ***	0,0000	
Orientação técnica na propriedade	-0,0119 **	0,0071		-0,0280 ***	0,0069		-0,0122 **	0,0070	
Pastagens degradadas	0,0952 ***	0,0062		0,0892 ***	0,0063		0,0916 ***	0,0061	
Relação terra/trabalho	-0,0027 **	0,0026		-0,0025 *	0,0045		-0,0041 **	0,0044	
Posse estável da terra	0,0458 ***	0,0073		0,0232 ***	0,0070		0,0494 ***	0,0071	
Práticas agrícolas	0,0241 ***	0,0050		0,0337 ***	0,0049		0,0227 ***	0,0049	
Produção agropecuária	-0,0131 *	0,0198		-0,0133 *	0,0200		-0,0228 **	0,0194	
Tamanho médio dos estabelecimentos	0,0006 *	0,0009		-0,0005	0,0009		0,0006 *	0,0009	
Região Norte	-5,4730 ***	0,5473		-2,1171 ***	0,4651		-3,8419 ***	0,5098	
Região Sudeste	-7,4263 ***	0,4625		-4,5633 ***	0,4389		-4,9985 ***	0,5302	
Região Sul	-1,1365 **	0,3822		-2,2004 ***	0,5914		-1,8988 **	0,3651	
Região Centro-Oeste	-9,9460 ***	0,6463		-5,9698 ***	0,6698		-6,9471 ***	0,6960	

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: ‘***’, ‘**’ e ‘*’ indicam que o coeficiente é significativo a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

¹⁷ Além dos modelos SEM, SAR e SARAR, foram estimados também outros modelos econométricos espaciais (conforme estimativas apresentadas na Tabela A3 dos apêndices). Porém, com base na quantidade de variáveis explicativas que não foram estatisticamente significativas e também com base nos critérios de informação dos modelos (Tabela A4 dos apêndices), conclui-se que seus ajustes foram inferiores aos dos modelos apresentados na Tabela 9.

Para selecionar o melhor dos três modelos, para efeitos de análise, foram calculados os critérios de informação AIC e BIC para cada um dos modelos, conforme apresentado na Tabela 10. O modelo SARAR foi o que apresentou melhor desempenho, visto que seus valores foram os menores, tanto do AIC quanto do BIC, frente aos outros dois modelos estimados.

Outro critério adotado para seleção do modelo a ser considerado foi a análise dos resíduos das estimações dos modelos SAR, SEM e SARAR. As ilustrações das distribuições dos resíduos dos três modelos, assim como suas respectivas médias e desvios (dos resíduos) são apresentados nos apêndices (Figura A1 e Tabela A2, ver apêndices). É importante que os resíduos não apresentem autocorrelação e possuam distribuição aleatória em torno do zero. Neste quesito o modelo SARAR também foi o que apresentou resíduos mais bem-comportados e distribuídos, com média zero e com menor desvio dentre os três modelos analisados.

Tabela 12 - Critérios de informação Akaik (AIC) e Bayesiano (BIC) dos modelos SAR, SEM e SARAR

Modelo	AIC	BIC
SAR	37.694,25	37.726,45
SEM	37.814,02	37.962,14
SARAR	37.245,81	37.324,50

Fonte: Resultados da pesquisa

A Tabela 11 apresenta os efeitos diretos, indiretos e totais das variáveis consideradas na estimação do modelo SARAR. No contexto deste trabalho, os impactos diretos quantificam a relação direta entre a adoção de Sistemas Agroflorestais pelas unidades produtivas do município i face a variações de suas próprias características (as variáveis explicativas que foram empregadas). Os impactos indiretos mensuram a alteração dos Sistemas Agroflorestais das unidades produtivas do município i , em decorrência da variação nas características das unidades produtivas do município j . Como dos 17 efeitos indiretos apenas 2 não foram estatisticamente significativos, pode-se concluir que esta defasagem espacial ocorre, apesar de não ser maior do que o efeito direto.

Tabela 13 - Efeitos marginais das variáveis explicativas do modelo SARAR, 2006 e 2017

Variável	Efeito direto		Efeito indireto		Efeito total	
Associação	0,0113	**	0,00356	**	0,0148	**
Agricultura familiar	-0,0464	***	-0,0147	***	-0,0611	***
Atividade econômica do estabelecimento - Pecuária	0,1064	***	0,0336	***	0,1400	***
Atividade econômica do estabelecimento – Lavoura	-0,0151	*	-0,0048		-0,0199	*
Atividade econômica do estabelecimento – Floresta	0,1391	***	0,0439	***	0,1830	***
Rebanho	-4,8833	***	-1,5443	***	-6,4276	***
Crédito rural	0,0316	***	0,0100	**	0,0416	***
Nível educacional do produtor	-0,1035	***	-0,0327	***	-0,1362	***
Idade do produtor	0,0317	**	0,0100	**	0,0417	**
Relação terra/capital	0,0002	***	0,0001	***	0,0003	***
Orientação técnica na propriedade	-0,0123	**	-0,0039	*	-0,0162	**
Pastagens degradadas	0,0922	***	0,0291	***	0,1213	***
Relação terra/trabalho	-0,0042	**	-0,0013	*	-0,0055	**
Posse estável da terra	0,0497	***	0,0157	***	0,06540	***
Práticas agrícolas	0,0229	***	0,0072	***	0,0301	***
Produção agropecuária	-0,0230	**	-0,0072	***	-0,0302	***
Tamanho médio dos estabelecimentos	0,0006	*	0,0002		0,0008	*
Região Norte	-3,8628	***	-1,2217	***	-5,0845	***
Região Sudeste	-5,0257	***	-1,5895	***	-6,6152	***
Região Sul	-1,9091	**	-0,6038	*	-2,5129	**
Região Centro-Oeste	-6,9849	***	-2,2091	***	-9,1940	***

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: ‘***’, ‘**’ e ‘*’ indicam que o coeficiente é significativo a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Analisando os efeitos diretos e indiretos do modelo SARAR, na Tabela 11, pode-se concluir que:

- 1) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável ‘associação’ – que aborda aqueles estabelecimentos em que o produtor é associado a alguma cooperativa, entidades de classe, sindicatos, associações (inclusive de moradores) ou movimentos de produtores – foram positivas e estatisticamente significativas a, no mínimo, 5%, para os efeitos direto, indireto e total. Isto indica que há uma associação positiva entre o número de estabelecimentos associados e a adoção de SAFs. O resultado está de acordo com o esperado pela literatura, que aponta que além da vantagem da disseminação de informações, o associativismo entre produtores é também uma forma de driblar as dificuldades encontradas na implantação de SAFs, além de essa associação permitir que seus integrantes consigam melhores preços nas compras de insumos e nas vendas dos

produtos, e tornar a logística das compras e vendas mais eficiente (SANTOS et al., 2014).

- 2) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável ‘agricultura familiar’ – que considera aqueles estabelecimentos agrícolas que produzem por meio de mão de obra familiar – apresentaram sinais negativos e foram estatisticamente significativas a 1% para os efeitos direto, indireto e total. Vale lembrar as considerações de Vinholis et al. (2020): produtores de pequenas propriedades que têm a mão de obra familiar como principal fonte do fator trabalho tendem a ser menos capitalizados e não possuem condições de contar com trabalho assalariado temporário em períodos de maior demanda. Por isso, podem ter a adoção de SAFs limitada.
- 3) As variáveis referentes às principais atividades econômicas dos estabelecimentos agropecuários são: ‘estabelecimentos agropecuários voltados à atividade pecuária’, ‘estabelecimentos agropecuários voltados à atividade lavoura’ e ‘estabelecimentos agropecuários voltados à atividade florestal’. As estimativas dos efeitos marginais associados às variáveis que abordam as atividades pecuária e florestal foram positivas e estatisticamente significativas a 1% para os efeitos direto, indireto e total. Já as estimativas dos efeitos marginais associados à variável referente à atividade lavoura foram negativas e estatisticamente significativas a 10% para os efeitos direto e total, e não foi significativa, nem a 10%, para o efeito indireto desta mesma variável. Dentre essas três variáveis, a estimativa do efeito total com maior magnitude foi aquela associada à atividade florestal. Conforme detalhado na seção 4.3, os Censos Agropecuários consideram a presença do componente arbóreo como requisito para o estabelecimento ser considerado um SAF. Logo, faz sentido que a produção florestal surja como principal atividade econômica do estabelecimento agropecuário que adote SAFs. Observa-se também que a atividade pecuária está associada positivamente com a adoção de Sistemas Agroflorestais, o que indica boa adaptação de animais e espécies arbóreas em um mesmo estabelecimento agropecuário. Junto a isso, de acordo com o modelo econométrico analisado, a atividade lavoura esteve associada negativamente à adoção de SAFs, o que pode indicar que, quando os produtores brasileiros optam por adotar sistemas integrados de produção, os sistemas de integração Pecuária-Floresta (IPF) costumam ser adotados com mais frequência do que os sistemas de integração Lavoura-Floresta (ILF).

- 4) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável ‘rebanho’ – que considerou o número de cabeças do rebanho dividido pela área agrícola (ha) – apresentaram sinais negativos e foram estatisticamente significativas a 1% para os efeitos direto, indireto e total. Constatou-se que um maior número de cabeças de rebanho por hectare está associado negativamente com a adoção dos SAFs. Este resultado está em consonância com o apontado por Vinholis et al. (2020): entre os sistemas de integração com componente florestal (SAFs), especialmente no sistema IPF, há predominância de rebanhos menores e mais concentrados nas fases de cria e recria. Junto dos resultados apresentados no parágrafo anterior, pode-se concluir que, apesar de estabelecimentos voltados à atividade pecuária influenciarem positivamente na adoção de SAFs, isso acontece para pecuaristas de pequeno a médio porte. À medida que o pecuarista passa a aumentar o número de cabeças de rebanho no estabelecimento agropecuário, torna-se mais vantajoso para ele usar sistemas de produção especializados do que os diversificados (como no caso dos SAFs).
- 5) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável ‘crédito rural’ – referente ao número de estabelecimentos agropecuários que obtiveram algum tipo de financiamento proveniente de instituições como cooperativa de crédito, governo, fornecedor, Organizações Não-Governamentais (ONGs), instituições financeiras ou outros agentes – foram positivas e estatisticamente significativas a, no mínimo 5%, para os efeitos direto, indireto e total. Gil, Berger e Garret (2016) também apontam que a disponibilidade de capital é um fator importante para adoção de SAFs, e o crédito rural é uma das formas do produtor estar capitalizado. Conforme exposto no item 4.5, o Governo Federal tem criado vários programas de crédito rural que estimulam a adoção de SAFs. Segundo Cordeiro (2015), ter recursos financeiros próprios ou acesso ao financiamento é um dos principais requisitos para adotar sistemas de integração, já que são sistemas mais complexos e que normalmente requerem investimento inicial maior do que os sistemas convencionais.
- 6) A variável que trata do nível educacional do produtor (escolaridade da pessoa que dirige o estabelecimento) contabiliza os produtores com ensino médio ou médio técnico completo, com ensino superior, e com mestrado ou doutorado. As estimativas dos efeitos marginais associados à variável foram negativas e com significância ao nível de 1% para os efeitos direto, indireto e total, mostrando que aqueles estabelecimentos cujos produtores possuem maior grau de escolaridade estão associados negativamente com a adoção de SAFs. Embora os sinais das estimativas desta variável não tenham sido os

esperados pela literatura, uma possível explicação para este resultado é que produtores mais escolarizados acreditem que produzir por meio da monocultura seja economicamente mais vantajoso.

- 7) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável ‘idade do produtor’ – em que foram considerados os estabelecimentos em que a idade do produtor fosse a partir de 45 anos – foram positivas e estatisticamente significativas a 5% para os efeitos direto, indireto e total. Portanto, espera-se que produtores com mais idade impactem positivamente na adoção de SAFs. Segundo Santos et al. (2014), os adotantes de sistemas de integração possuem mais tempo de experiência em atividades agropecuárias. Se considerado que a idade pode ser uma *proxy* para a experiência do produtor, este resultado parece ser coerente com o encontrado na literatura.
- 8) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável ‘relação terra/capital’ foram positivas e estatisticamente significativas a 1% para os efeitos direto, indireto e total. Os dados desta variável foram organizados da seguinte maneira: área agrícola das AMCs dividida pelo número de máquinas e implementos agrícolas dos estabelecimentos agropecuários das AMCs. Ainda que o valor da estimativa do efeito total tenha sido bem próximo de zero, este resultado não é o esperado pela literatura, uma vez que o mesmo indica que estabelecimentos com menor número de maquinários agrícolas por hectare se associam positivamente com a adoção de SAFs. Vinholis et al. (2020) e Guarino e Noronha (2020) assinalam que algumas tecnologias agrícolas, como os sistemas de integração, demandam frequente uso de máquinas e equipamentos agrícolas, o que sugeriria um efeito positivo entre mecanização e adoção de SAFs. Entretanto, Guarino e Noronha (2020) destacam que, entre os equipamentos utilizados para condução dos Sistemas Agroflorestais, destacam-se aqueles relativamente simples e de baixo custo, dos quais, em muitos casos, o agricultor já dispõe em sua propriedade, como por exemplo: motosserra, motopoda, moitão, roçadeira, bomba costal, foice, subsolador manual de garfo, cavadeira e broca. Por outro lado, os dados dos Censos Agropecuários sobre máquinas e implementos agrícolas consideram: tratores, semeadeiras, plantadeiras, colheitadeiras e adubadeiras. Portanto, esses equipamentos abrangidos pelas pesquisas dos Censos Agropecuários podem não influenciar positivamente no uso de SAFs. De qualquer forma, é importante haver constantes inovações de ferramentas e técnicas que propiciem segurança e facilidade no manejo dentro dos estabelecimentos agropecuários adotantes de Sistemas Agroflorestais (GUARINO e NORONHA, 2020).

- 9) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável ‘orientação técnica na propriedade’ – em que foram contabilizados os estabelecimentos que receberam alguma orientação técnica, seja proveniente do governo, cooperativas, ONGs, empresas privadas, ou de quaisquer outras instituições – foram negativas e com significância estatística ao nível de 5% para os efeitos direto e total, e com significância estatística ao nível de 10% para o efeito indireto da mesma variável. Este resultado não foi aquele esperado pela literatura, uma vez que Gil, Berger e Garret (2016), Poccardi-Chapuis et al. (2014), Santos et al. (2014) e Schembergue et al. (2017) apontam que a busca continuada por conhecimentos e capacitação técnica envolvendo tecnologias agrícolas é um fator importante para incentivar a adoção de SAFs (tendo em vista a complexidade e as exigências necessárias para adoção de sistemas integrados). Entretanto, os dados utilizados para esta variável, disponível nos Censos Agropecuários, não especificam a finalidade da orientação técnica recebida. Portanto, é possível que a orientação técnica dos estabelecimentos agropecuários considerada pelos Censos Agropecuários não esteja diretamente relacionada aos conhecimentos acerca de novas tecnologias agrícolas (como no caso dos SAFs). Vinholis et al. (2020) complementam que o contato com a informação relacionada à tecnologia é condição necessária, mas não suficiente para expansão das áreas com SAFs. É necessário aperfeiçoamento na transmissão da informação por meio do contato pessoal com agentes que dominem especificamente os saberes e conhecimentos em torno dos SAFs.
- 10) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável ‘pastagens degradadas’ foram positivas e estatisticamente significativas a 1% para os efeitos direto, indireto e total. O sinal das estimativas referentes a esta variável está de acordo com o que fora esperado e relatado nas seções 2.2 e 4.2 deste trabalho. Esse resultado reforça a hipótese de que os SAFs vêm sendo utilizados como estratégia para recuperação da produtividade dos solos degradados, uma vez que a introdução de espécies arbóreas pode melhorar a qualidade do solo e aumentar a eficiência produtiva do estabelecimento agrícola (MACEDO, 2013).
- 11) A variável ‘relação terra/trabalho’, que aborda a área agrícola dividida pelo pessoal ocupado com e sem laço de parentesco com o agricultor nos estabelecimentos agropecuários, apresentou estimativas com sinais negativos e com nível de significância a 5% para os efeitos direto e total, e com nível de significância a 10% para o efeito indireto desta variável. Quanto maior a relação terra/trabalho, menos se usam SAFs. Em outras palavras, estabelecimentos com maior número de trabalhadores/hectares estão

associados positivamente com a adoção de SAFs. Segundo Gil, Berger e Garret (2016) esse resultado pode ser explicado devido ao fato de os sistemas integrados necessitarem de mão de obra contínua ao longo do ano, o que pode resultar em maior eficiência do trabalho se o mesmo for melhor alocado para diferentes usos produtivos.

- 12) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável que considera o produtor possuir posse estável da propriedade foram positivas e estatisticamente significativas a 1% para os efeitos diretos, indiretos e total. Esse resultado pode ser interpretado da seguinte forma: há uma associação positiva entre o produtor ter posse estável da terra e a adoção de SAFs. Esse resultado vai ao encontro do que era esperado pela literatura, tais como Santos et al. (2014) e Schembergue et al. (2017) que apontam que os proprietários da terra podem estar mais dispostos a arriscar e a buscar novas formas de produção, já que alguns SAFs requerem investimentos iniciais em que os melhores rendimentos do retorno serão usufruídos no longo prazo.
- 13) A variável ‘práticas agrícolas’ contabiliza os estabelecimentos agropecuários que adotavam boas práticas agrícolas, tais como: plantio em nível, rotação de culturas, pousio ou descanso de solos, proteção e/ou conservação de encostas, recuperação de mata ciliar, reflorestamento para proteção de nascentes, estabilização de voçorocas, manejo florestal, entre outras (IBGE, 2019). As estimativas dos efeitos marginais associados a esta variável foram positivas e estatisticamente significativas a 1% para os efeitos direto, indireto e total, indicando haver uma associação positiva entre estabelecimentos adotantes de boas práticas agrícolas e a adoção de SAFs. Essa relação pode ser justificada pelos SAFs serem um tipo de prática agrícola sustentável, conforme exposto na seção 2.2. Portanto, produtores propensos a adotarem as outras práticas agrícolas (que foram englobadas pela variável no modelo) podem estar propensos a adotarem também SAFs. Como os sistemas de integração pressupõem interação e efeito sinérgico entre os componentes do sistema de produção, as boas práticas de manejo agrícola podem ser complementares nesse processo de produção sustentável (VINHOLIS et al., 2020).
- 14) A respeito da variável ‘produção agropecuária’, que contabilizou o valor da produção agropecuária (R\$) dividido pela área agrícola (ha), a mesma apresentou estimativas com sinais negativos e estatisticamente significativas ao nível de 5% para os efeitos indireto e total, e estatisticamente significativa ao nível de 10% para o efeito direto da mesma variável. Assim, estabelecimentos com maiores valores de produção por hectare tendem a não usar SAFs. A literatura que aborda o uso dessa variável realiza distintas

considerações a respeito de sua relação com os SAFs. Por exemplo, Vinholis et al. (2020) ressaltam que, na maioria dos estabelecimentos com sistemas IPF, seus adotantes contam com outra fonte de renda, permitindo assim maior flexibilidade para testar o sistema, que costuma ser implantado de forma escalonada na área de pastagem e com recursos próprios. Gil, Berger e Garret (2016) apontam que municípios com maior PIB podem conter produtores agropecuários com maior renda, o que lhes permite maior capacidade para aquisição de insumos necessários à implementação de sistemas integrados. De qualquer forma, vale lembrar que o resultado encontrado pelo modelo econométrico deste trabalho está de acordo com o que foi apontado na subseção 3.1.1: a diversificação da produção de mercadorias pode ser uma estratégia utilizada por produtores que não possuem vantagem comparativa na produção especializada e não se beneficiam da economia de escala.

- 15) As estimativas dos efeitos marginais associados à variável que mensura o tamanho médio dos estabelecimentos agrícolas foram positivas e estatisticamente significativas a 10% para os efeitos direto e total, e não foram significativas para o efeito indireto. Os autores que mencionam esta variável em seus trabalhos (Vinholis et al., 2020; Gil, Berger e Garret, 2016) não chegam a uma conclusão clara sobre seus efeitos na adoção de SAFs. Entretanto, Vinholis et al. (2020) aponta que, no caso da ILP, o fator escala de produção faz com que as propriedades rurais adotantes desses sistemas sejam mais extensas, enquanto nos sistemas IPF predominam propriedades rurais menores e com relevo mais ondulado.
- 16) As estimativas dos efeitos marginais associados às variáveis *dummy* de localização do município, referentes às regiões Norte, Sul, Sudeste e Centro-Oeste, (quando comparados à região Nordeste) apresentaram sinais negativos e foram estatisticamente significativos a, no mínimo, 10%, para os efeitos direto, indireto e total. Como os estabelecimentos agropecuários localizados no Nordeste (região utilizada como variável base) são os que mais fazem uso de SAFs no Brasil, as estimativas desta variável referente às demais regiões terem sido negativas está de acordo com o esperado.

Vale ressaltar que as estatísticas da Tabela 11 apontam que, para todas as variáveis empregadas, os impactos diretos se mostraram superiores aos valores absolutos dos impactos indiretos. A interpretação desse resultado é que, apesar de as características das unidades vizinhas influenciarem na variável dependente, as mudanças das variáveis independentes dos próprios estabelecimentos agropecuários (no caso desta dissertação, considerados pela média

do município em que se situa) acarretam maiores variações na adoção de SAFs do que mudanças das mesmas variáveis dos outros estabelecimentos agropecuários nos municípios vizinhos.

Nota-se também que não houve mudança de sinal entre os efeitos diretos e os efeitos indiretos para todas as variáveis explicativas consideradas na Tabela 11. Ou seja, no caso das estimativas indicadas na Tabela 11, as características dos estabelecimentos agropecuários do município *i* e dos estabelecimentos de seus municípios vizinhos impactaram a adoção dos Sistemas Agroflorestais na mesma direção, ainda que em intensidades diferentes.

Os resultados mostrados na Tabela 11 ressaltam que os municípios brasileiros não se apresentam como unidades isoladas no espaço em relação à adoção de Sistemas Agroflorestais, pois estão interligadas e produzindo ou sofrendo efeitos espaciais (*spillovers*) relevantes em sua vizinhança.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção agropecuária se associa com mudanças ambientais, embora o setor agropecuário venha buscando alternativas para minimizar os impactos negativos causados ao meio ambiente. Decorrente disso, surge a necessidade de implementação de práticas agrícolas que sejam manejadas a fim de considerar as demandas do presente sem prejudicar as oportunidades a serem usufruídas pelas gerações futuras. Os sistemas de integração surgem como uma alternativa que busca a produção agropecuária sustentável, ao integrarem atividades agrícolas, pecuárias e florestais a serem realizadas na mesma área.

Nesse contexto, o presente estudo buscou avaliar a evolução e a distribuição regional dos estabelecimentos agropecuários que assumem adotar alguma forma de SILPF no Brasil, buscando diagnosticar a distribuição e a associação espacial desses estabelecimentos no território nacional e procurar explicar esta distribuição. Para isso, foram traçados alguns objetivos específicos, os quais são: analisar as principais transformações ocorridas no Brasil, entre 2006 e 2017, quanto à utilização das terras brasileiras e quanto ao uso de SAFs; analisar os tipos de SILPF; diagnosticar a distribuição espacial dos estabelecimentos agropecuários adotantes de SILPF e, em especial os que adotam SAFs, no território nacional; e estimar modelos econométricos que quantificam os principais determinantes do uso de SAFs no Brasil.

Os resultados do trabalho permitiram concluir que, quanto à utilização da área destinada à agropecuária entre 2006 e 2017 no Brasil, houve aumento do cultivo de lavouras temporárias, pastagens plantadas e matas (nativas e plantadas), enquanto as áreas destinadas à lavoura permanente e pastagens naturais apresentaram variação negativa nesse período de tempo. Observou-se também concentração espacial de áreas com pastagens degradadas e com SAFs no Nordeste, fato que leva a cogitar que a maior adoção de SAFs nesta região (quando comparado com as demais regiões brasileiras) pode ter sido parcialmente motivada pelas condições das pastagens locais, que se encontravam empobrecidas e necessitavam de estratégias que proporcionassem aumento da capacidade produtiva do solo.

Quanto à nomenclatura, concluiu-se que a relação entre os Sistemas Agroflorestais e os sistemas de integrações lavoura, pecuária e/ou floresta é proveniente de ambos estarem subscritos na rubrica ‘SILPF’. Os Sistemas Agroflorestais abrangem os sistemas silvipastoris, agrossilvipastoris e silviagrícolas. Pode-se assim dizer que todo SAF é um sistema de integrações lavoura, pecuária e/ou floresta (SILPF), mas nem todo SILPF é um SAF (caso do sistema ILP, o agropastoril).

De acordo com os dados dos Censos Agropecuários, entre os anos de 2006 e 2017, houve o aumento de 60,43% no número de estabelecimentos agropecuários brasileiros que produziam

por meio de Sistemas Agroflorestais, e o aumento de 66,70% de áreas agrícolas no Brasil voltadas aos mesmos sistemas. Vale ressaltar que, no ano de 2017, 56,24% destes estabelecimentos agropecuários (voltados aos SAFs) possuíam como principal atividade econômica a pecuária. Além disso, constatou-se evolução distinta, entre 2006 e 2017, no uso de SAFs entre os estados brasileiros. Em cada estado ocorre, de modo geral, evolução diferente no número de estabelecimentos que usam esse sistema e da área total dos estabelecimentos que usam SAFs entre os citados anos. Quanto à análise espacial dos *clusters* de municípios que usam SAFs, ocorreram associações espaciais positivas entre estabelecimentos adotantes desses sistemas nos municípios brasileiros, ou seja, um município com grande (ou pequeno) número de estabelecimentos que adotam SAFs é rodeado de municípios que também apresentam grande (ou pequeno) número de estabelecimentos que adotam SAFs.

Ainda que, possivelmente, os principais fatores que motivaram o aumento da adoção de SAFs entre 2006 e 2017 tenham sido a busca dos produtores por processos que lhes garantissem menores custos e, conseqüentemente, maior lucratividade, outros fenômenos econômicos, ambientais e sociais também podem ter influenciado esse aumento em alguma magnitude. O desenvolvimento da preocupação ambiental e o uso consciente dos recursos naturais pautaram a busca por tentativas de eliminar padrões insustentáveis de produção e consumo, o que demandou adequação de todas as etapas da cadeia do processo produtivo, desde o setor primário até o consumidor final. Com isso, surgem novas iniciativas sustentáveis, como a Economia Verde, novos processos de certificação, como o selo Carne Carbono Neutro (CCN), novas legislações, como a Lei nº 12.651, que criou o Novo Código Florestal, e novas linhas de crédito voltadas às práticas agropecuárias sustentáveis, como as do Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono).

A respeito das estimativas dos determinantes dos SAFs, estimadas por meio de modelos econométricos espaciais, as variáveis *dummy* de localização, referentes às regiões Norte, Sul, sudeste e Centro-Oeste, se destacaram no modelo por apresentarem estimativas com altos valores absolutos e com sinais negativos, indicando que, relativamente, estas regiões possuem poucos estabelecimentos agropecuários que usam SAFs, quando comparados com a região Nordeste. Este resultado pode ser confirmado por meio das Figuras 8, 9, 10, 11 e 12, que mostram as distribuições dos SAFs no Brasil. A variável rebanho também se destacou como determinante do uso de SAFs, e apresentou coeficiente com sinal negativo. Com isso, constatou-se que um maior número de cabeças de rebanho por hectare se associou negativamente com a adoção dos SAFs, indicando que, para pecuaristas de grande porte, deixa

de ser vantajoso produzir por meio de sistemas de produção integrados e passa a ser mais vantajoso optar por sistemas de produção especializados.

A variável crédito rural se associou positivamente na adoção de SAFs. Nesse sentido, vale destacar a necessidade de incremento de políticas públicas que incentivem o produtor a adotar novas técnicas produtivas que proporcionem a sustentabilidade ambiental. Outras variáveis com resultados relevantes e que se associaram positivamente com a adoção de SAFs pelos estabelecimentos agropecuários foram: associação do produtor à cooperativa ou entidade de classe; estabelecimentos voltados à atividade econômica florestal; produtor com idade a partir de 45 anos; áreas com pastagens degradadas; produtor com posse estável da terra; e estabelecimentos com adoção de boas práticas agrícolas. Observou-se também maior impacto dos efeitos diretos do modelo econométrico mais adequado (SARAR), indicando que as mudanças das variáveis independentes do próprio município em que se encontra o estabelecimento agropecuário acarretam maiores variações na adoção de SAFs do que mudanças das mesmas variáveis nos municípios vizinhos em que se encontram outros estabelecimentos agropecuários.

Para futuras pesquisas nesta mesma temática (abordando os sistemas de integração), este trabalho propõe alguns tópicos como sugestões : 1) discutir a relação entre a adoção de SILPF e as mudanças dos preços relativos dos produtos agropecuários e florestais, visto que os possíveis retornos e custos de oportunidade relativos de cada atividade podem impactar na possibilidade de alocação da terra entre as mesmas; 2) estimar modelos econométricos que identifiquem os fatores que influenciam na adoção de sistemas de integração para cada uma das regiões brasileiras (de forma separada), uma vez que as mesmas (regiões brasileiras) são heterogêneas e possuem características específicas e distintas entre si, podendo, portanto, haver diferentes resultados dos modelos econométricos para cada uma delas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. **Econometria espacial**. Campinas–SP. Alínea, 2012.
- ALMEIDA, E.S.; PEROBELLI F.S.; FERREIRA P.G.C. **Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil?** Rev. Econ. Sociol. Rural vol. 46 no.1 Brasília Jan./Mar. 2008.
- ALVES, F.V. et al. **Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2015.
- ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. **Sistemas Agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Embrapa Gado de Corte. 2015.
- ANSELIN, L. **What is Special About Spatial Data?** Alternative Perspectives on Spatial Data Analysis (89-4). 1989.
- ANSELIN, L. **Local indicators of spatial association—LISA**. Geographical analysis, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga**. Recife. Projeto Dom Helder Câmara, 2013.
- ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; PINTO, H. P. **Sustentabilidade no agronegócio brasileiro**. Embrapa Informática Agropecuária. 2012.
- BALBINO, L. et al. **Marco referencial integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Embrapa. Brasília, DF, 2011.
- BALBINO, L. C. et al. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.46, n.10, 2011b.
- BARROS, F.R.P.M; PRATES T.M. **A nova geografia econômica e a explicação do diferencial de produtividade entre cidades: estudo de caso sobre Maceió e Recife**. Registro Contábil – Ufal – Maceió/AL, Vol. 5, p. 128-147, jan/abr. 2013.
- BAILEY, T.C. **A review of statistical spatial analysis in geographical information systems**. In: Fotheringham, S., Rogerson, P. Spatial Analysis and GIS. London: Taylor and Francis. p.13-44. 1994.
- BCB – Banco Central do Brasil. **Título: Crédito Rural**. Capítulo: Programas com Recursos do BNDES – 13. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/>. Acesso em: 30/07/2020.
- _____. **Manual de crédito rural (MCR)**. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/mcr/completo>. Acesso em: 18/11/2021.
- BEHLING, M. et al. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. 19ª edição do Boletim de Pesquisa de Soja 2013/2014. Fundação MT, 2013. Págs. 306-325.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Brasília, DF, maio, 2012.

BRASIL. Lei n. 12.805, de 29 de abril de 2013. Institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e altera a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Brasília, DF, abril, 2013.

BUENO, C. et al. **BIOMA AMAZÔNIA: oportunidades e desafios de pesquisa para produção de alimentos e outros produtos.** In: VILELA E.; CALLEGARO G.; FERNANDES, G. Biomass e Agricultura: Oportunidade e Desafios. Academia Brasileira de Ciências / FAPEMIG. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. p. 31-53.

CAMPOS, S.A.C. **Custo de oportunidade da Reserva Legal do Código Florestal entre 1995/1996 e 2006 e seus determinantes.** 163 páginas. Tese (doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

CAPORAL, F.R. **Extensão rural como política pública: a difícil tarefa de avaliar.** In: Sambuichi, R.H.R., et al. Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas. Brasília: Ipea, 2014. p. 19-48.

CARLOS, A.F. **Espaço e Indústria.** 8. ed. São Paulo: Contexto, 2000.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Resultados do Projeto ABC Cerrado.** Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/ABC-cerrado-apresentacao.pdf>. Acesso em 10/12/2020.

COBUCCI, T. et al. **Integração lavoura - pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional.** Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO. 2000.

CORDEIRO et al. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - Coleção 500 Perguntas 500 Respostas.** Embrapa Cerrados / MAPA. Brasília, DF, 2015.

CRUZ, A.A. **Evolução da produtividade da pecuária bovina leiteira em alguns Estados brasileiros: distribuição espacial e análise de convergência para o período de 1974 a 2006.** 166 páginas. Tese (doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

DALL’AGNOL A., HIRAKURI M. **Realidade e perspectivas no Brasil na produção de alimentos e agroenergia, com ênfase na soja.** Embrapa. 2008.

DIAS, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil.** Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA. 2014.

DIAS, M.B. **Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia: desafios, oportunidades e perspectivas.** In: Sambuichi, R.H.R., et al. Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas. Brasília: Ipea, 2014b. p. 149-170.

ELHORST, J. P. Dynamic spatial panels: models, methods, and inferences. **Journal of Geographical Systems**, vol. 14, n. 1, p. 5–28, 2012.

ELHORST, J. P. **Spatial panel data models**. Springer, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **ILPF em Números**. Sinop, MT: Embrapa, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Integração Lavoura Pecuária Floresta**. Nota técnica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>. Acesso em 30 de maio de 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção animal - Gestão ambiental e territorial ILPF - Gado em sistema integrado com floresta procura menos água**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/36878348/gado-em-sistema-integrado-com-floresta-procura-menos-agua>. Acesso em 05/06/2020a.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Adoção de ILPF chega a 11,5 milhões de hectares**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/17755008/adocao-de-ilpf-chega-a-115-milhoes-de-hectares>. Acesso em: 14 de julho de 2020b.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global Forest Resources Assessment 2015: How are the world's forests changing?** Rome, 2016.

FERNANDES, P. **Projeto Integração Lavoura-Pecuária Floresta na Região Norte do Brasil pela Embrapa (2007–2012)**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA. 2015.

FERNANDES, A.H.B.M. et al. **BIOMA PANTANAL: oportunidades e desafios de pesquisa para o desenvolvimento sustentável**. In: VILELA E.; CALLEGARO G.; FERNANDES, G. *Biomass e Agricultura: Oportunidade e Desafios*. Academia Brasileira de Ciências / FAPEMIG. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. p. 99-121.

FLORAX, R.J.M.; FOLMER, H.; REY, S.J. **Specification searches in spatial econometrics: the relevance of Hendry's methodology**. *Regional Science and Urban Economics*, v. 22, n.5, 2003.

FLORAX, J.P. M.; GRAAFF, T. **The performance of diagnostic tests for spatial dependence in linear regression models: a meta-analysis of simulation studies**. In: *Advances in spatial econometrics*. Berlin Heidelberg: Springer, 2004. p. 29-65.

FRANCA, T.; SILVA, J. **O sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no estado de São Paulo**. *Informações Econômicas*, SP, v. 47, n. 1, jan. /mar., 2017.

GIL J.D.B.; BERGER T.; GARRET R. **Determinants of crop-livestock integration in Brazil: Evidence from the household and regional levels**. *Land Use Policy*. Volume 59. December, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.022>.

GUARINO, E.S.G.; NORONHA, A. **Máquinas e equipamentos úteis para implantação e manejo de sistemas agroflorestais (SAFs)**. Embrapa Clima Temperado. 2020.

GUJARATI D. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HASENACK, H. et al. **BIOMA PAMPA: oportunidades e desafios de pesquisa para o desenvolvimento sustentável**. In: VILELA E.; CALLEGARO G.; FERNANDES, G. *Biomass e Agricultura: Oportunidade e Desafios*. Academia Brasileira de Ciências / FAPEMIG. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. p. 123-140.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação**. Rio de Janeiro. 2006.

_____. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos**. Rio de Janeiro. 2019.

_____. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2006/segunda-apuração>. Acesso em 20/03/2020a.

_____. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2017>. Acesso em 21/03/2020b.

KILL, L.; PORTO D. **BIOMA CAATINGA: oportunidades e desafios de pesquisa para o desenvolvimento sustentável**. In: VILELA E.; CALLEGARO G.; FERNANDES, G. *Biomass e Agricultura: Oportunidade e Desafios*. Academia Brasileira de Ciências / FAPEMIG. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. p. 65-80.

KLUTHCOUSKI, J. **Integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF)**. Fórum ABAG. Agroanalysis. Julho de 2012.

KRUGMAN, P. **What's new about the new economic geography?** Oxford Review of Economic Policy. v. 14, n. 2, p. 7-17, 1998.

LAPIG. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>. Acesso em 01/06/2020.

LUZARDO A. J. R; CASTAÑEDA FILHO R. M.; RUBIM I. G. **Análise espacial exploratória com o emprego do Índice de Moran**. GEOgrafia.Vol.19, Nº 40, 2017.

MACEDO, J. L. V. **Sistemas agroflorestais: princípios básicos**. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus: Instituto Amazônia. 2013.

MAGALHÃES, C. et al. **Produtividade agrícola, pecuária e florestal em diferentes sistemas de produção no norte de Mato Grosso**. In: Primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. Embrapa Agrossilvipastoril. Brasília. 2019. p. 164-173.

MAPA. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura**. Brasília, DF, 2012.

MEDINA, G. **Integração Lavoura, Pecuária, Floresta. Tecnologia social que gera trabalho e renda, produz mais alimentos e preserva o meio ambiente.** Fundação Banco do Brasil; Fundação Casa do Cerrado. 2013.

MILLO, G.; PIRAS, G. **splm: Spatial Panel Data Models in R.** *Journal of Statistical software*. Los Angeles, Apr. 2012.

MUTL, J.; PFAFFERMAYR, M. **The Hausman test in a Cliff and Ord panel model.** *Econometric Journal Oxford*, Feb, 2011.

NICHOLSON, W.; SNYDER C. **Microeconomic Theory: Basic Principles and Extensions.** 11^o ed. South-Western, Cengage Learning: 2012.

NUNES, P.C.; VIVIAN, J.L.; MAY, P.H. **Conservação e desenvolvimento integrados no noroeste do Mato Grosso.** In: Sambuichi, R.H.R., et al. Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas. Brasília: Ipea, 2014. p. 201-222.

OLIVEIRA I. P. et al. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais.** Embrapa Arroz e Feijão. 1996.

OLIVEIRA P. et al. **Evolução de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO.** Embrapa Cerrados. Planaltina, DF. 2013.

PINDYCK, R.; RUBINFELD D. **Microeconomia.** 8^a ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

POCCARDI-CHAPUIS R. et al. **Landscape characterization of integrated crop –livestock systems in three case studies of the tropics.** *Renewable Agriculture and Food Systems*. Volume 29. September, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1017/S174217051400009X>.

POMPEU, G. et al. **Adoption of agroforestry systems by smallholders in Brazilian Amazon.** *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. V. 15, n. 1. 2012.

PRUCHA I.R; KELEGIAN H.H. **On the asymptotic distribution of the Moran I test statistic with applications.** *Journal of Econometrics*. Volume 104, Issue 2, September, 2001.

REDE ILPF. **Nota Técnica.** Embrapa. Disponível em: <https://www.redeilpf.org.br/>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

SAMBUICHI, R.H.R., et al. **Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas.** Brasília: Ipea, 2014.

SANO, E. **Bioma Cerrado: agricultura no cerrado brasileiro, histórico e desafios da agricultura ambientalmente sustentável.** In: VILELA E.; CALLEGARO G.; FERNANDES, G. *Biomass e Agricultura: Oportunidade e Desafios.* Academia Brasileira de Ciências / FAPEMIG. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. p. 55-63.

SANTOS, L. et al. **Factors for the adoption of agroforestry systems in the Eastern Amazon, Brazil.** *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, v. 113, n. 2. 2014.

SAVIAN, M., et al. **Cadastro Ambiental Rural: experiências e potencialidades para a gestão agroambiental**. In: Sambuichi, R.H.R., et al. Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas. Brasília: Ipea, 2014. p. 105-124.

SCHEMBERGUE, A. et al. **Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil**. Revista de Economia e Sociologia Rural, vol. 55 n.1. Brasília Jan./Mar. 2017.

SCHEUER, J.M. **Dinâmica da agricultura brasileira em 2006–2017**. Revista de Política Agrícola. Ano XXVIII – No 3 – Jul./Ago./Set. 2019.

SILVA, A. et al. **Primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável**. Embrapa Agrossilvipastoril. Brasília, DF. 2019.

SILVA, J. et al. **Plano ABC. Boletim Técnico Informativo - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2016.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 2ª ed. Atlas, São Paulo: 2002.

SOARES, C.; ROSINHA G. **Segurança alimentar, sustentabilidade e produção de proteína de origem animal**. In: VILELA E.; CALLEGARO G.; FERNANDES, G. Biomas e Agricultura: Oportunidade e Desafios. Academia Brasileira de Ciências / FAPEMIG. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. p.149-162.

STEGE A.L. **Análise da intensidade agrícola dos municípios de alguns Estados brasileiros nos anos de 2000 e 2010**. 2015. 162 páginas. Tese (doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

TOMAZI, M. **O sistema ILPF convivendo com mudanças climáticas e reduzindo a emissão de gases de efeito estufa**. Embrapa Agropecuária Oeste. Revista Produção Rural, ano 1, edição 06, p. 60-61, dez. 2015.

VARIAN, H.R. **Microeconomia: uma abordagem moderna**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

VIEZZER J.; SENTA M.; VIEIRA R. **BIOMA MATA ATLÂNTICA: oportunidades e desafios de pesquisa em ciências agrárias para o desenvolvimento sustentável**. In: VILELA E.; CALLEGARO G.; FERNANDES, G. Biomas e Agricultura: Oportunidade e Desafios. Academia Brasileira de Ciências / FAPEMIG. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. p. 81-97.

VINHOLIS M.M.B. et al. **Adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em São Paulo**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 47. Embrapa Pecuária Sudeste. Junho/2020.

YAGASAKI C.A.; MARTINS R.A. **Sustentabilidade como uma estratégia empresarial**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2012.

APÊNDICES

Tabela A1 – Resultados da estatística de *I* de Moran para o percentual de estabelecimentos adotantes de Sistemas Agroflorestais, 2006 e 2017

Matriz de peso espacial	2006		2017	
	Estimativa	P-valor	Estimativa	P-valor
5 vizinhos	0,295	0,000	0,530	0,000
7 vizinhos	0,279	0,000	0,492	0,000
10 vizinhos	0,266	0,000	0,480	0,000
Rainha	0,293	0,000	0,514	0,000
Torre	0,294	0,000	0,519	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa

Figura A1 – Distribuição dos resíduos dos modelos espaciais SAR, SEM e SARAR

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa

Tabela A2 – Resultados dos parâmetros média e desvio padrão dos resíduos dos modelos espaciais SAR, SEM e SARAR.

Parâmetro	SAR	SEM	SARAR
Média dos resíduos	0,0000	0,0000	0,0000
Desvio padrão dos resíduos	7,7147	10,7798	7,594

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa

Tabela A3 - Estimativas para os determinantes dos SAFs para os modelos espaciais SDM, SDEM e GSM, 2006 e 2017

(continua...)

Variável	SDM			SDEM			GSM		
	Estimativa	Desvio-padrão		Estimativa	Desvio-padrão		Estimativa	Desvio-padrão	
Lambda (λ)	-	-		0,4433 ***	0,0311		0,3247 **	0,0045	
Rho (ρ)	0,5580 ***	0,0090		-	-		-0,3001 ***	0,0265	
Associação	0,0145 ***	0,0048		0,0293	0,0054		0,0106	0,0077	
Agricultura familiar	-0,0284 ***	0,0087		-0,0378 *	0,0098		-0,0451 ***	0,0137	
Atividade econômica do estabelecimento - Pecuária	0,0519 ***	0,0103		0,0796 ***	0,0117		0,1026 ***	0,0167	
Atividade econômica do estabelecimento - Lavoura	-0,0009	0,0100		-0,0204 *	0,0113		-0,0139	0,0163	
Atividade econômica do estabelecimento - Floresta	0,1160 ***	0,0173		0,1579 ***	0,0196		0,1350 ***	0,028	
Rebanho	-2,7200 ***	0,2686		-5,0102 ***	0,3161		-4,7084 ***	0,4484	
Crédito rural	0,0050	0,0098		0,0299 ***	0,0111		0,0295 *	0,0155	
Nível educacional do produtor	-0,0362 ***	0,0104		-0,0405 ***	0,0117		-0,0975 ***	0,0180	
Idade do produtor	0,0578 ***	0,0114		0,0802 ***	0,0128		0,0277	0,0194	
Relação terra/capital	0,0001 ***	0,0000		0,0002 **	0,0000		0,0002 ***	0,0000	
Orientação técnica na propriedade	-0,0066	0,0059		-0,0264 *	0,0067		-0,0121	0,0098	
Pastagens degradadas	0,0052 ***	0,0549		0,0819 ***	0,0062		0,0897 ***	0,0086	
Relação terra/trabalho	-0,0018	0,0038		-0,0008	0,0044		-0,0044 *	0,0062	
Posse estável da terra	0,0148 *	0,0060		0,0254 ***	0,0067		0,0495 ***	0,0701	
Práticas agrícolas	0,0257 ***	0,0042		0,0305 ***	0,0048		0,0220 ***	0,0273	
Produção agropecuária	-0,0097	0,0172		-0,0166	0,0195		-0,0233 *	0,0128	
Tamanho médio dos estabelecimentos	0,0000	0,0008		-0,0004	0,0009		0,0006	0,0012	
Região Norte	-0,9195 *	0,3836		-0,8305 **	0,3803		-3,3253 ***	0,6984	
Região Sudeste	-2,2637 ***	0,3082		-2,2258 ***	0,3495		-4,2287 ***	0,7320	
Região Sul	-1,2040 ***	0,3625		-0,7678 *	0,3875		-0,0812	0,5073	
Região Centro-Oeste	-2,0902 ***	0,4423		-3,5408 ***	0,4882		-5,9833 ***	0,9547	
W (Associação)	0,0428 ***	0,0062		0,0103	0,0102		0,0056 *	0,0098	
W (Agricultura familiar)	-0,0111 ***	0,0102		-0,0465 **	0,0134		-0,0224 *	0,0210	
W (Atividade econômica do estabelecimento - Pecuária)	0,0921 ***	0,0120		0,0876 ***	0,0226		0,9320 ***	0,0198	
W (Atividade econômica do estabelecimento - Lavoura)	0,0007	0,0132		-0,0321 *	0,0769		-0,0097	0,023	
W (Atividade econômica do estabelecimento - Floresta)	0,0613 ***	0,0099		0,1465 ***	0,0671		0,5257 **	0,1013	
W (Rebanho)	-3,2300 ***	0,3245		-5,0302 **	0,7563		-2,8462 ***	0,4998	
W (Crédito rural)	0,0032	0,0090		0,0303 ***	0,054		0,0543 *	0,0209	
W (Nível educacional do produtor)	-0,0433 ***	0,0120		-0,0704 ***	0,0232		-0,0344 **	0,0201	
W (Idade do produtor)	0,0628 ***	0,0134		0,0930 *	0,0192		0,0764	0,0198	
W (Relação terra/capital)	0,0020 ***	0,0001		0,0001 **	0,0002		0,0001 ***	0,0001	

Tabela A3 - Estimativas para os determinantes dos SAFs para os modelos espaciais SDM, SDEM e GSM, 2006 e 2017

(...conclusão)

Variável	SDM			SDEM			GSM		
	Estimativa	Desvio-padrão		Estimativa	Desvio-padrão		Estimativa	Desvio-padrão	
W (Orientação técnica na propriedade)	-0,0100 *	0,0076		-0,0786	0,0084		-0,0354	0,0157	
W (Pastagens degradadas)	0,0062 ***	0,0888		0,0732 ***	0,0076		0,0622 ***	0,0091	
W (Relação terra/trabalho)	-0,0032	0,0098		-0,0010 *	0,0087		-0,0103 *	0,0089	
W (Posse estável da terra)	0,0291 *	0,0071		0,0323 ***	0,0108		0,0214 ***	0,0891	
W (Práticas agrícolas)	0,0432 ***	0,0062		0,0540 ***	0,0090		0,0298 *	0,0324	
W (Produção agropecuária)	-0,0102 *	0,0426		0,0236	0,0213		-0,0187 *	0,0172	
W (Tamanho médio dos estabelecimentos)	-0,0023	0,0010		-0,0009 *	0,0011		0,0015	0,0021	
W (Região Norte)	-0,6540 *	0,4322		-0,9635	0,4502		-1,7920 ***	0,8723	
W (Região Sudeste)	-3,2100 ***	0,4562		-2,5467 ***	0,4982		-4,8192 **	0,6101	
W (Região Sul)	-1,6040	0,2365		-1,3296 *	0,4503		-0,1045	0,5785	
W (Região Centro-Oeste)	-3,0760 ***	0,4543		-2,6710 ***	0,6504		-4,0873 ***	0,8712	

Fonte: Resultados da pesquisa

Notas: 1 ‘***’, ‘**’ e ‘*’ indicam que o coeficiente é significativo a 1%, 5% e 10%, respectivamente
 2 O modelo SDM possui defasagens espaciais nas variáveis explicativas e na variável dependente; o modelo SDEM possui defasagens espaciais nas variáveis explicativas e nos resíduos; e por fim o modelo GSM possui defasagem espaciais nas variáveis explicativas, na variável dependente e nos resíduos.

Tabela A414 - Critérios de informação Akaik (AIC) e Bayesiano (BIC) dos modelos SDM, SLX e GSM

Modelo	AIC	BIC
SDM	37.827,58	38.066,06
SDEM	37.843,26	37.998,07
GSM	37.912,24	38.024,65

Fonte: Resultados da pesquisa

Figura A2 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a produção de lavouras temporárias em 2006 e 2017, Brasil.
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).

Figura A3 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a pecuária e criação de outros animais em 2006 e 2017, Brasil.
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).

Figura A4 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a produção de lavouras permanentes em 2006 e 2017, Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).

Figura A5 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a produção de florestas nativas em 2006 e 2017, Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).

Figura A6 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a produção de florestas plantadas em 2006 e 2017, Brasil.
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).

Figura A7 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a aquicultura em 2006 e 2017, Brasil.
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).

Figura A8 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a floricultura em 2006 e 2017, Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).

Figura A9 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a pesca em 2006 e 2017, Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).

Figura A10 - *Clusters* de estabelecimentos com Sistemas Agroflorestais, tendo como Principal Atividade Econômica a produção de mudas e sementes em 2006 e 2017, Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE).