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

**Requisitos ambientais no mercado de soja brasileiro: descrição e avaliação
de impacto**

Aline Fernanda Soares

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

**Piracicaba
2016**

Aline Fernanda Soares
Economista

**Requisitos ambientais no mercado de soja brasileiro: descrição e avaliação
de impacto**

Orientador:
Profa. Dra. **SÍLVIA HELENA GALVÃO DE MIRANDA**

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

Piracicaba
2016

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

Soares, Aline Fernanda

Requisitos ambientais no mercado de soja brasileiro: descrição e avaliação de impacto / Aline Fernanda Soares. - - Piracicaba, 2016.

105 p.

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

1. Sustentabilidade 2. Exportações 3. Certificação 4. Dados em Painel 5. Modelo gravitacional I. Título

AGRADECIMENTOS

A Professora Sílvia Miranda, por quem guardo imenso carinho e admiração. Orientou-me com excelência durante a graduação e mestrado, tendo contribuição fundamental para a minha formação profissional e acadêmica. Sinto-me privilegiada por ter trabalhado com ela.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós Graduação da ESALQ, em especial, a Mirian Bacchi, Carlos Bacha e Humberto Spolador, que gentilmente aceitaram participar da banca examinadora.

Às professoras convidadas a compor a banca da qualificação, Rosane Faria e Luciana Togeiro, pela leitura e indispensáveis sugestões.

Aos meus queridos pais, Adelaide Baldacim e Vicente Soares, que não mediram esforços para realizar meus sonhos, apoiaram e entenderam a minha distância mesmo quando estava próxima. Aos meus irmãos, Regina Soares e Renato Soares e ao cunhado, Victor Casseiro, pela torcida.

Ao Carlos Amorim Júnior, por ter lido atentamente a minha dissertação, pelos comentários e pelas conversas à toa, que sempre contribuíram para este estudo. À Rita Amorim, pelas horas agradáveis, regadas a um bom cafezinho, nos intervalos dos sábados que passei escrevendo. Ao Carlos Amorim Neto, por ter me acompanhado em todos os momentos do mestrado, com palavras de incentivo nos momentos difíceis, pela paciência e afeto.

Aos amigos da pós-graduação, especialmente, à turma da *forbidden*, que proporcionaram o sentimento de estar em casa ao lado da família, estando na ESALQ. Serei sempre agradecida ao companheirismo da Nicolé Rennó, Leandro Gilio e Marcos Garcia.

Ao velho amigo Peterson Arias, que foi essencial na conclusão do mestrado, estando sempre disposto a discutir os longos exercícios de estatística e matemática e, ao Ednaldo Borgatto, por ter tirado todas as minhas dúvidas, tempestivamente e com muito conhecimento científico, relacionadas aos aspectos agronômicos da sojicultura.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro concedido.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS.....	9
1 INTRODUÇÃO	11
Referências	12
2 O MERCADO DE SOJA E SUA INTERFACE COM OS REQUISITOS PÚBLICOS E PRIVADOS DE CARÁTER AMBIENTAL.....	13
Resumo.....	13
Abstract	13
2.1 Introdução.....	14
2.2 Preocupação com o meio ambiente no âmbito mundial.....	16
2.3 Inserção da soja nos mercados mundial e brasileiro	22
2.3.1 Mercado mundial da soja	23
2.3.2 Sojicultura no Brasil.....	29
2.4 Sustentabilidade da soja no Brasil.....	33
2.4.1 Mudanças regulatórias recentes no Brasil	37
2.4.2 Iniciativas privadas nacionais e internacionais	41
2.5 Discussão.....	49
2.6 Conclusões	52
Referências	54
3 IMPACTO DOS REQUISITOS AMBIENTAIS NO COMÉRCIO INTERNACIONAL DE SOJA: UMA APLICAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL.....	59
Resumo.....	59
Abstract	59
3.1 Introdução.....	60
3.2 Modelo gravitacional.....	62
3.2.1 Fundamentação teórica do modelo gravitacional.....	62
3.2.2 Evidências empíricas do modelo gravitacional	72
3.3 Metodologia	77
3.3.1 Descrição dos dados	79
3.3.2 Especificação do modelo.....	83

3.3.3 Testes estatísticos.....	84
3.4 Resultados.....	85
3.5 Conclusões.....	94
Referências	95
APÊNDICE	100

RESUMO

Requisitos ambientais no mercado de soja brasileiro: descrição e avaliação de impacto

A soja vem se destacando como proteína vegetal e seu consumo deve aumentar nos próximos anos, acompanhando a tendência geral de demanda crescente por alimento. No entanto, o aumento da oferta de soja, assim como de outros produtos agrícolas, pode gerar impacto negativo para o meio ambiente, o que levanta uma série de preocupações sobre este setor, exigindo resposta dos agentes da cadeia produtiva de soja para que essas preocupações não se tornem restrições de demanda e altere os padrões de comércio. Este estudo foi estruturado em formato de artigos científicos, trazendo, no primeiro deles, uma análise qualitativa e crítica das iniciativas do setor sojicultor para atender aos novos paradigmas relacionados aos requisitos ambientais, e, particularmente, aqueles impostos pelo mercado internacional. O conjunto de iniciativas realizadas pelo governo brasileiro, quer seja pelos agentes da cadeia, governo ou organizações não-governamentais, tende a se complementar, contribuindo para uma proteção mais efetiva do meio ambiente. A Moratória da Soja não conseguiu diminuir a ocupação da soja em áreas desflorestadas dos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, situados no bioma Amazônia; mas o avanço foi muito pequeno, principalmente quando comparado ao que ocorreu nas áreas em que a Moratória não incide, como é o caso do cerrado mato-grossense e de MATOPIBA. O programa Soja Plus, além de preencher a lacuna do governo brasileiro em extensão rural, abrange elementos tão relevantes quanto a conversão de vegetação, como o uso responsável de herbicidas. O segundo artigo apresenta uma análise empírica, visando quantificar o impacto dos requisitos ambientais nas exportações do complexo soja. Os resultados da equação gravitacional, estimada para o período de 1993 a 2014, tendo como variável dependente as exportações de soja em grão, farelo e óleo de soja dos três maiores exportadores do complexo soja, Brasil, Estados Unidos e Argentina, indicam que a queda na razão de *decoupling*, variável *proxy* do meio ambiente, impacta positivamente as exportações do complexo soja. Isto comprova a tese de Porter e Linde de que é possível produzir de forma ambientalmente correta e aumentar a competitividade no mercado internacional.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Exportações; Certificação; Dados em Painel; Modelo gravitacional

ABSTRACT

Environmental requirements in the Brazilian soybean market: description and impact assessment

Soy has gained highlight as vegetable protein and its consumption should increase in the coming years, following the general trend of increasing demand for food. However, the increase in soybean supply, as well as other agricultural products, can have a negative impact on the environment, which raises a number of concerns about this sector, requiring response of the soy productive chain to these concerns do not become demand restrictions and change trade patterns. This study was structured in scientific articles format, bringing, in the first of them, a qualitative and critical analysis of soybean industry initiatives to meet the new paradigms that emerge related to environmental requirements and, particularly, those imposed by the international market. The set of initiatives undertaken whether by the Brazilian government, chain actors, government or non-governmental organizations, tends to complement and contribute to a more effective protection of the environment. Soy Moratorium failed to reduce the soybean occupation in deforested areas in the Amazon biom of Mato Grosso, Para and Rondonia states; but the increase was very small, especially when compared to what occurred in areas where the Moratorium does not apply, as is the case of Mato Grosso cerrado (savanna) and MATOPIBA. The Soja Plus program, in addition to filling the gap of the Brazilian government in rural extension, addresses relevant issues as important as vegetation conversion, such as the responsible use of herbicides. The second article presents an empirical analysis to quantify the impact of environmental requirements on the soy complex exports. The results of the gravity equation, estimated for the period from 1993 to 2014, to soybean, soymeal and soybean oil exports from the three world largest exporters, Brazil, the United States and Argentina, indicate that the drop in the decoupling ratio, a proxy for environment variable, impacts positively the soy complex exports. This reassures the Porter and Linde's thesis that it is possible to produce in an environmentally friendly way while increasing competitiveness in the international market.

Keywords: Sustainability; Exports; Certification; Panel data; Gravity model

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Marcos dos movimentos ambientais e das iniciativas do GATT/OMC sobre meio ambiente e comércio	21
Figura 2 - Área de soja em grão dos principais produtores, da safra 2000/01 a 2014/15, em mil ha.....	26
Figura 3 - Destino das exportações da soja em grão da Argentina, Brasil, Canadá, Paraguai e Estados Unidos em 2014, em percentual das suas receitas de exportação em US\$	27
Figura 4 - Destino das exportações de óleo de soja da Argentina, Brasil, China, Paraguai e Estados Unidos em 2014, em percentual das suas receitas de exportação em US\$	28
Figura 5 - Destino das exportações de farelo de soja da Argentina, Estados Unidos, Brasil, Paraguai e China em 2014, em percentual das suas receitas de exportação em US\$	28
Figura 6 - Preço internacional da soja, em US\$/t, e taxa de câmbio comercial (compra), em R\$/US\$, de 1995 a 2014	31
Figura 7 - Mapa da área desmatada na Amazônia e no Cerrado, em ha, até 2002 e entre 2002 e 2012.....	35
Figura 8 - Mapa da área plantada de soja, em ha, em 2002 e 2012	35
Figura 9 - Preço real da terra agrícola de soja em RO e TO, em mil R\$, deflacionado pelo IGP-DI, ano-base=2013, e área desmatada anual na Amazônia Legal, em mil ha, de 2010 a 2014	44
Figura 10 - Preço spot real médio da saca da soja de 60 kg, em R\$, deflacionado pelo IGP-DI, ano-base=2015, de 1997 a 2015.....	47
Figura 11 - Principais destinos das exportações do complexo soja do Brasil, Estados Unidos e Argentina.....	81
Figura 12 - Exportações do complexo soja de 2014, em milhões US\$ correntes, e distância entre os principais parceiros comerciais do Brasil, Estados Unidos e Argentina	90
Figura 13 - Emissões em gigagramas equivalentes de CO ₂ derivadas do óxido nitroso para a cultura de soja, de 1993 a 2014.....	92
Figura 14 - Emissões de CO ₂ equivalente derivadas do óxido nitroso para a cultura de soja e quantidade produzida de soja para o Brasil, Estados Unidos e Argentina, de 1993 a 2014, ano-base=1993	93
Figura 15 - Razão de decoupling de emissões de CO ₂ equivalente por unidade de produção de soja, para Brasil, Estados Unidos e Argentina, de 1993 a 2014	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção mundial de soja em grão, farelo de soja e óleo de soja, da safra 2010/11 a 2014/15, em mil toneladas.....	25
Tabela 2 - Área plantada, em mil ha e produção, em mil t por região brasileira e no Brasil, em safras selecionadas.....	30
Tabela 3 - Área plantada, em mil ha, e produção, em mil t, na região MATOPIBA, em determinadas safras.....	32
Tabela 4 - Dados do Cadastro Ambiental Rural de julho de 2016.....	40
Tabela 5 - Área desmatada anualmente na Amazônia Legal, por estados, de 2000 a 2014, em mil ha.....	44
Tabela 6 - Ocupação da soja em áreas desmatadas nos estados monitorados pela Moratória da Soja, entre as safras 2009/10 e 2013/14, em ha.....	46
Tabela 7 - Testes suportes para a escolha do modelo.....	86
Tabela 8 - Teste de autocorrelação aplicado nos dados empilhados	88
Tabela 9 - Testes de heterocedasticidade aplicados nos modelos de efeitos aleatórios e de efeitos fixos	88
Tabela 10 - Resultados econométricos do modelo gravitacional	89

1 INTRODUÇÃO

A demanda por alimento deve crescer nos próximos anos, impulsionada pelo aumento da população, crescimento da renda *per capita* e mudança de hábitos alimentares. Nos países em desenvolvimento, o crescimento da demanda por alimento tende a ser mais intenso, já que a população e renda *per capita* devem aumentar a taxas maiores que a de países desenvolvidos (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - OECD/FAO, 2016).

O aumento da renda nos países em desenvolvimento está muito associado à substituição de uma dieta baseada em poucas calorias para uma dieta com mais calorias, sobretudo, mais proteína. A soja, que contém um alto teor de proteína de origem vegetal, é um importante produto no mercado internacional, sendo comercializada, principalmente, como grão, farelo e óleo. O farelo e o óleo são resultantes do esmagamento do grão e amplamente utilizados para alimentação animal e humana. Recentemente, a proporção de soja destinada à produção de biodiesel também vem se elevando, conforme apontam os dados da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2015).

Há duas maneiras de suprir a crescente demanda por soja, quais sejam o aumento da área produtiva e/ou emprego de tecnologias que contribuem para o incremento da produtividade. Em ambos os casos, é possível que as alternativas gerem impacto negativo para o meio ambiente, uma vez que o aumento da área produtiva pode se dar em área coberta por vegetação nativa e as tecnologias empregadas podem ter efeitos adversos, tais como o monocultivo e a redução da biodiversidade. O uso de sementes geneticamente modificadas, resistentes à aplicação do herbicida glifosato, embora tenha permitido o crescimento do setor por conta da facilidade com os tratos culturais, por outro, intensificou o processo de monocultura, contribuindo com o aumento da resistência das plantas daninhas.

O impacto negativo para o meio ambiente decorrente da maior produção de soja levanta uma série de preocupações sobre este setor, exigindo resposta dos agentes de sua cadeia produtiva. Essas preocupações podem se consolidar em restrições de demanda e alterar os padrões de comércio, diminuindo a vantagem comparativa dos países que não se adaptarem ao modo de produção ambientalmente sustentável.

Em 2014, os principais exportadores do complexo soja foram Brasil, Estados Unidos e Argentina, com base nos dados de World Integrated Trade Solution/United Nations Commodity Trade Statistics Database (WITS/COMTRADE, 2015). Em se tratando da área florestal, o Brasil pode ter uma perda de vantagem comparativa frente a seus concorrentes, já que apresenta uma área florestal muito maior, mas cuja premente necessidade de preservação inviabiliza a

expansão da área agropecuária. Em 1990, a área florestal da Argentina correspondia a 13% da área total do país¹, tendo reduzido para 11% em 2010. Nos Estados Unidos, a área florestal era de 32% em 1990 e de 33% em 2010. Já no Brasil, a área florestal caiu de 69%, em 1990, para 62% em 2010 (WORLD BANK, 2015). Por isto, a questão da expansão da soja no Brasil está frequentemente ligada à discussão do tema do combate ao desflorestamento.

Posto isso, este estudo, estruturado em formato de artigos científicos, traz uma análise qualitativa e crítica das iniciativas do setor sojicultor para atender aos novos paradigmas relacionados aos requisitos ambientais, e, particularmente, aqueles impostos pelo mercado internacional. Também apresenta uma análise empírica, visando quantificar o impacto dos requisitos ambientais nas exportações do complexo soja. Embora os temas sejam complementares, os dois artigos podem ser lidos separadamente.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEO VEGETAL (ABIOVE). Disponível: <http://www.abiove.org.br/>. Acesso em: 03 jul. 2015.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (OECD/FAO). **OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025**. Paris: OECD Publishing, 2016. Paris. 133 p.

WORLD BANK. **Data Bank**. Disponível em: <http://databank.worldbank.org/>. Acesso: 25 jul. 2015.

WORLD INTEGRATED TRADE SOLUTION (WITS). UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE (UNCOMTRADE). **Trade Data**. Disponível: <http://wits.worldbank.org/>. Acesso em: 07 jul. 2015.

¹ Na área total do país, não estão incluídos a área sob massas de água interiores, reivindicações nacionais de plataformas continentais e zonas econômicas exclusivas.

2 O MERCADO DE SOJA E SUA INTERFACE COM OS REQUISITOS PÚBLICOS E PRIVADOS DE CARÁTER AMBIENTAL

Resumo

A grande representatividade do complexo soja na pauta de exportação brasileira, seu crescimento substancial em termos de área e quantidade produzida nos últimos anos e sua produção baseada em sementes geneticamente modificadas têm aumentado a preocupação da sociedade civil sobre a sua sustentabilidade ambiental. Acrescenta-se a essa preocupação o fato de o Brasil ser detentor de uma quantidade elevada de recursos naturais e ambientais, contribuindo com a biodiversidade mundial, que poderiam estar ameaçados pelo padrão atual da evolução desse setor. Em resposta a esses pontos, integrantes da cadeia produtiva da soja realizam programas e desenvolvem certificações para contribuir com a sustentabilidade ambiental e garantir a comercialização do grão e seus derivados, tais como a Moratória da Soja, o programa Soja Plus e outros padrões de certificação privados específicos. Desse modo, o objetivo deste estudo é examinar as iniciativas do setor sojeiro para atender aos novos paradigmas que despontam relacionados às exigências ambientais, e, particularmente, àqueles impostos pelo mercado internacional. A Moratória da Soja não conseguiu diminuir a ocupação da soja em áreas desflorestadas dos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, situados no bioma Amazônia; mas o avanço foi muito pequeno, principalmente quando comparado ao que ocorreu nas áreas em que a Moratória não incide, como é o caso do cerrado mato-grossense e de MATOPIBA. O programa Soja Plus, além de preencher a lacuna do governo brasileiro em extensão rural, abrange elementos tão relevantes quanto a conversão de vegetação, como o uso responsável de herbicidas. O conjunto de iniciativas realizadas, quer seja pelos agentes da cadeia, governo ou organizações não governamentais, tende a se complementar, contribuindo para uma proteção mais efetiva do meio ambiente. A adequação ambiental do setor sojeiro, mesmo que realizada lentamente, é importante à medida que a demanda por soja produzida de forma ambientalmente correta deve aumentar no futuro, principalmente, se a China, a maior compradora do grão, impuser alguma restrição nesse sentido.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Exportações; Amazônia; Cerrado; Certificação

Abstract

The great representativeness of soy complex in the Brazilian exports, its substantial growth in terms of area and produced quantity seen in recent years and its production based on genetically modified seeds have increased the civil society concern on the environmental sustainability of this sector. In addition to this concern, there is the fact that Brazil owns a large amount of natural and environmental resources, contributing to global biodiversity, that could be threatened by the current pattern of development of this sector. In response to these points, the soy production chain members have conducted programs and developed certifications to contribute to environmental sustainability and ensure the trade of grain and its derivatives, such as Soy Moratorium, Soja Plus program and other specific private standards of certification. Thus, the aim of this study is to examine the soybean industry initiatives to meet the new paradigms that emerge related to environmental requirements and, particularly, those imposed by the international market. Soy Moratorium failed to reduce the soybean occupation in deforested areas in the Amazon biom of Mato Grosso, Para and Rondonia states; but the increase was very small, especially when compared to what occurred in areas where the Moratorium does not apply, as is the case of Mato Grosso cerrado (savanna) and MATOPIBA. The Soja Plus program, in addition to filling the gap of the Brazilian government in rural extension, addresses relevant issues as important as vegetation conversion, such as the

responsible use of herbicides. The set of initiatives undertaken whether by chain actors, Brazilian government or non-governmental organizations, tends to complement and contribute to a more effective protection of the environment. The environmental adequacy of soybean industry, even if done slowly, is important as the demand for soy produced in an environmentally friendly way should increase in the future, especially if China, the largest buyer of grain, impose any restrictions in this regard.

Keywords: Sustainability; Exports; Amazon; Savanna; Certification

2.1 Introdução

O sistema produtivo passou a utilizar de forma crescente os recursos naturais a partir da Revolução Industrial no século XVIII. Novas tecnologias favoreceram a produção em massa e a população crescia em ritmo acelerado. As concepções econômicas, políticas e culturais da época valorizavam o crescimento econômico sem considerar fatores ambientais e sociais.

Após a segunda Guerra Mundial, foram criadas diversas instituições para contribuir com o crescimento econômico dos países, sobretudo através do comércio internacional; porém, o meio ambiente ainda não era incluído nas políticas como um dos pilares do desenvolvimento econômico. Em 1944, foram determinadas as regras para as relações comerciais e financeiras entre os países mais industrializados do mundo, por meio das conferências de *Bretton Woods*. Dessas conferências, também se decidiu pela criação do Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), o Fundo Monetário Internacional (FMI) e Organização Internacional do Comércio (OIC). Esta última acabou não se concretizando, e deu lugar a uma série de acordos comerciais plurilaterais, que acabaram configurando o *General Agreement on Tariffs and Trade* (GATT), o qual, por sua vez, foi incorporado à Organização Mundial do Comércio (OMC).

A questão ambiental passou a receber mais atenção nas políticas comerciais dos países após o alerta de cientistas sobre os danos da ação humana no meio ambiente, além da maior conscientização da sociedade em decorrência dos grandes acidentes e desastres ambientais que ocorreram em diversos lugares do mundo, como o vazamento de gás da Union Carbide, em Bhopal, Índia, em 1984, e o acidente na usina nuclear de Chernobyl, Ucrânia, em 1986. Esses fatores influenciaram a opinião pública internacional, que passou a pregar a bandeira ambientalista e logo a preocupação avançou para possíveis interações entre o comércio internacional e a degradação ambiental.

A preocupação com o meio ambiente concretizou-se no âmbito governamental na década de 1970, quando a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. A partir deste período, os debates acerca do comércio e sua interface com o meio ambiente também aumentaram.

O setor agroexportador destaca-se como alvo nesses debates, uma vez que a expansão comercial exige maior exploração da terra, quer seja através da intensificação tecnológica com aumento da produtividade ou da expansão da área, cujos impactos negativos podem ser expressivos no contexto em que não haja preocupação com o meio ambiente. Por exemplo, a intensificação produtiva pode causar a compactação do solo enquanto que a expansão da área pode ocorrer à custa do desmatamento. Por outro lado, a intensificação produtiva também pode ocorrer empregando os mais avançados conhecimentos para uma exploração sustentável, como o incentivo ao plantio direto, que causa menos impacto no solo e a recuperação de pastagens degradadas de baixa produtividade para sua conversão em áreas mais produtivas. Nesse contexto, as próprias políticas agrícolas como incentivo aos produtores passaram a ser alvo do debate expansão agroexportadora versus proteção e degradação ambiental.

Há demanda pela sociedade civil de que a produção de matéria-prima e de bens finais siga padrões sustentáveis, ou seja, além de considerar critérios ambientais, contemplar aspectos sociais e econômicos. Tal demanda origina-se, sobretudo, nos países desenvolvidos onde, em decorrência da renda *per capita* mais elevada e do atendimento das necessidades mínimas de subsistência da população, esta passa a se preocupar com a qualidade dos produtos consumidos. Qualidade, esta, entendida no sentido amplo que inclui os métodos, insumos e demais elementos do padrão de produção. Para atender a este mercado consumidor, as empresas importadoras impõem diversos critérios não só relacionados aos atributos físicos dos produtos, mas ao seu sistema de produção, e que resultam comumente em requisitos incidindo sobre toda cadeia produtiva.

O Brasil tem grande participação no mercado internacional de *commodities* agrícolas e detém amplos recursos naturais e ambientais em seis biomas de características distintas, os quais abrigam 103.870 espécies animais e 43.020 espécies vegetais (Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2015). Desta forma, há um aumento da pressão, sobretudo da sociedade civil internacional, sob as cadeias produtivas agropecuárias brasileiras.

Desde a década de 1990, a soja e seus derivados (farelo e óleo) firmaram-se como os principais produtos agrícolas exportados pelo Brasil, sendo que, em 2015, a soja ficou em primeiro lugar no *ranking* das exportações totais brasileiras, considerando o item tarifário a oito dígitos (soja, mesmo triturada), com cerca de 11,0% da receita cambial nacional, segundo dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC, 2016). A maior parte da produção se dava, inicialmente, na região Sul do país, mas foi se deslocando para o interior, em direção ao Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

O uso de sementes geneticamente modificadas ou transgênicas, resistentes à aplicação do herbicida glifosato, se difundiu à medida que a sojicultura se expandia no Brasil. Se, por um lado, isso permitiu o crescimento do setor, uma vez que os sojicultores tinham um produto que facilitou os tratos culturais, por outro, intensificou o processo de monocultura, contribuindo com o aumento da incidência de pragas e doenças, resistência das plantas daninhas e redução da biodiversidade.

As questões apontadas acima ilustram a série de preocupações sobre a expansão da soja no Cerrado e Amazônia e sobre a forma como ocorre. Contribuem para constantes indagações se a ocupação da soja nessas regiões ocorre em áreas com alto valor ambiental ou em áreas passíveis de ocupação, como áreas degradadas e se a produção está de acordo com práticas agrícolas que consideram o meio ambiente como parte essencial do sistema produtivo.

Como resposta a essas preocupações, integrantes da cadeia produtiva da soja têm realizado programas e desenvolvido certificações para contribuir com a sustentabilidade ambiental e garantir a comercialização do grão e seus derivados, tais como a Moratória da Soja, o programa Soja Plus e outros padrões privados de certificação. Desse modo, o objetivo deste estudo é examinar as iniciativas do setor sojicultor para atender aos novos paradigmas relacionados às exigências ambientais, e, particularmente, aqueles impostos pelo mercado internacional. Para isso, é necessário compreender a regulação nacional, destacadamente o novo Código Florestal que, independentemente da certificação (voluntária) adotada por produtores e empresas do setor, impõe exigências ambientais mandatórias para todos os produtores.

As próximas seções estão organizadas da seguinte maneira: a seção 2.2 trata da preocupação com meio ambiente no contexto mundial, buscando verificar, principalmente, as ações da ONU e da OMC neste assunto. A seção 2.3 é subdividida em duas partes, a primeira visa caracterizar a soja no mercado mundial, e a segunda, no mercado brasileiro. A seção 2.4 trata das medidas relacionadas à sustentabilidade da soja no Brasil, seja por meio das mudanças regulatórias recentes no país (seção 2.4.1) ou pelas iniciativas privadas nacionais e internacionais (seção 2.4.2). Por fim, a seção 2.5 propõe uma discussão crítica sobre os elementos tratados nas seções anteriores e a seção 2.6 apresenta as principais conclusões.

2.2 Preocupação com o meio ambiente no âmbito mundial

Nos últimos anos da década de 1960, diversos cientistas e intelectuais trataram da relação entre o ser humano, meio ambiente e desenvolvimento. Em 1962, Rachel Carson publicou o livro *Silent Spring*, relatando os efeitos deletérios do uso de pesticida no meio ambiente. Em 1968, o artigo *The Tragedy of the Commons*, de Garrett Hardin, alertou para o

tamanho limitado do planeta, incapaz de absorver uma população crescente, que age de acordo com os preceitos racionais. Por exemplo, a tragédia dos comuns reflete-se no problema da poluição, uma vez que, para o homem racional, o custo de descartar resíduos no local comum, que seria o planeta, é menor do que tratá-los antes. Em 1972, o livro *The Limits to Growth* apresentava ideia semelhante à de Garrett Hardin. Através de um programa computacional, o livro projetava um futuro no qual o planeta Terra não suportaria o crescimento populacional devido à pressão gerada sobre os recursos naturais e energéticos e ao aumento da poluição, mesmo tendo em conta o avanço tecnológico.

Em resposta à crescente preocupação com o meio ambiente, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a Primeira Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano, também chamada de Conferência de Estocolmo, em 1972. Na conferência, evidenciou-se o questionamento das nações em desenvolvimento se uma maior atenção com o meio ambiente não prejudicaria seu crescimento econômico, uma vez que os países desenvolvidos já haviam explorado uma quantidade elevada de recursos naturais para atingir o nível econômico em que se encontravam. Como resultado, decidiram que as nações teriam que trabalhar em conjunto nas questões relacionadas ao meio ambiente, e que um ambiente mais saudável seria necessário para o crescimento. Portanto, a poluição não foi proibida, mas seria monitorada.

Na década de 1980, há o fortalecimento dos movimentos ambientais nos âmbitos público e privado, sobretudo em decorrência de grandes acidentes e desastres ambientais registrados na época. Em 1984, ocorreu um vazamento de gás da fábrica de pesticida da empresa norte-americana Union Carbide, na cidade de Bhopal, Índia. O evento afetou milhares de pessoas e teve grande repercussão no cenário internacional. Dois anos depois, na Ucrânia, houve um acidente na usina nuclear de Chernobyl, classificado como um evento de nível 7 (classificação máxima) na Escala Internacional de Acidentes Nucleares. Estes eventos incentivaram a iniciativa privada e os governos a discutir mais amplamente as questões ambientais.

De acordo com Queiroz (2005), os governos passaram a incorporar novos instrumentos na condução de suas políticas públicas de forma a compatibilizar crescimento econômico e preservação do meio ambiente. Nos países mais desenvolvidos, observou-se o crescente engajamento da população que, cada vez mais consciente e integrada à temática ambiental, passou a privilegiar o consumo daqueles produtos que apresentassem os menores danos possíveis ao meio ambiente.

No caso dos Estados Unidos, em 1970, o governo estabeleceu o *Clean Air Act*, que lei regulamenta as emissões de poluentes no ar através do estabelecimento de padrões de qualidade

de ar para poluição por partículas, ozônio, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e chumbo. Além disso, a lei também dispõe sobre o tratamento de poluentes atmosféricos perigosos ou tóxicos, chuva ácida, gases que destroem a camada de ozônio estratosférica e poluentes que são transportados em grandes distâncias e afetam a visibilidade. A fim de atingir os padrões estabelecidos pelo *Clean Air Act*, todos os estados norte-americanos deveriam desenvolver planos de implementação aplicados às principais fontes de poluição da área (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, 2013).

Em 1987, a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU publicou o relatório Brundtland, também conhecido como *Our Common Future*. O relatório tratava dos problemas de aquecimento global, ameaças à camada de ozônio, desertificação, entre outros. Os objetivos contemplavam: 1) reexaminar os problemas relacionados com o meio ambiente e desenvolvimento e formular propostas realistas para tratar deles; 2) propor novas formas de cooperação internacional nessas questões; e, 3) aumentar o nível de entendimento e compromisso para a ação da sociedade. No relatório, a degradação do meio ambiente deixa de ser um problema de países desenvolvidos, tornando-se um fator de sobrevivência para os países em desenvolvimento, devido à dependência dos recursos naturais para o crescimento (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Passados 20 anos da Conferência de Estocolmo, a ONU realizou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, chamada de Rio-92. Esta conferência teve a participação de mais de 150 países, enquanto que na de Estocolmo, 113 países participaram, o que mostra maior articulação da comunidade internacional acerca do tema. No que tange à discussão levantada pelos países em desenvolvimento sobre o *trade-off* entre maior atendimento a requisitos ambientais e crescimento econômico, foi reconhecido que os países em desenvolvimento necessitavam de apoio financeiro e tecnológico para alcançarem o modelo de desenvolvimento sustentável.

Na Rio-92, também foi aventado que a remoção de barreiras tarifárias e não-tarifárias, em conjunto com menos subsídio e proteção à agricultura contribuiriam com o setor de *commodities*, que domina a maior parte das economias em desenvolvimento. No entanto, para que os países pudessem se beneficiar da liberalização do comércio, dentre as políticas que se deveriam implementar, consta o uso eficiente e sustentável de fatores de produção na formação dos preços das *commodities*, incluindo os ambientais (ONU, 1992).

Três convenções surgiram na Rio-92, que foram a Convenção do Clima, a da Biodiversidade e a da Desertificação. Os signatários dessas convenções encontram-se regularmente para discutir e traçar diretrizes e compromissos com relação a sua temática e

alguns avanços foram registrados desde então. Um dos mais conhecidos resultados da Convenção do Clima foi o Protocolo de Quioto, assinado a partir de 1997, passando a vigorar apenas em 2005, embora não tenha sido assinado pelos Estados Unidos. Este protocolo visa à redução da emissão de gases que provocam o efeito estufa, durante o período de 2008 e 2012, prazo este estendido para 2020.

Apesar dessas conferências realizadas pela ONU terem sido consideradas um avanço para a época, a agenda resultante é uma declaração e não cria obrigações e as convenções, embora criem obrigações, restringem-se aos signatários. Na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, em 2012, o compromisso político com o desenvolvimento sustentável foi renovado, resultando em novas diretrizes para nortear as políticas dos países presentes. Fisher et al. (2013) pautam críticas com relação a essa conferência pelo fato de que poucos avanços ocorreram diante do que já havia sido proposto na Rio-92. Os autores ressaltam, especificamente, a falta de um acordo global para financiar economias verdes em países pobres e de um plano sólido para alcançar as metas de desenvolvimento sustentável.

Em 2015, ocorreu um novo encontro dos signatários da Convenção do Clima, intitulado COP21, por ser a 21ª reunião da Conferência das Partes da Convenção do Clima. Embora os resultados desse encontro ainda não possam ser medidos, os acordos realizados mostram grande avanço para o meio ambiente, já que mais de 190 países participaram da reunião, incluindo os Estados Unidos, que assinaram o acordo, diferentemente do que se verificou para o Protocolo de Quioto. Os objetivos traçados na COP21 são flexíveis e, portanto, mais passíveis de serem atingidos, uma vez que os países devem estabelecer, a partir de 2020, suas contribuições individuais. Estas devem estar expressas por medidas claras a serem adotadas para alcançar a meta acordada globalmente - limite de 2° Celsius para o aumento da temperatura média do planeta, com esforços para limitar este valor para 1,5° no futuro. A contribuição determinada nacionalmente (NDC, do inglês *Nationally Determined Contribution*) deve ser revista a cada cinco anos, propondo medidas cada vez mais ambiciosas (ONU, 2015).

Embora as questões relacionadas ao meio ambiente nunca tenham tido um documento próprio no âmbito da OMC, o assunto foi tratado concomitantemente ao aumento do debate ao longo da década de 1970. Para a Conferência de Estocolmo, por exemplo, a secretaria do GATT elaborou o documento *Industrial Pollution Control and International Trade*, que tratava das implicações das políticas de proteção ambiental sobre o comércio internacional. O documento refletia a possibilidade de tais políticas serem um obstáculo ao comércio (GATT, 1971).

Em 1971, em reunião do conselho do GATT, decidiu-se pela criação do Grupo de Medidas Ambientais e Comércio Internacional (EMIT Group). No entanto, a temática ambiental só voltou a ser tratada na Rodada de Tóquio (1973-1979), quando foi prevista como um dos argumentos legítimos para regulamentação técnica no então criado *Standards Code*. Na rodada do Uruguai, que ocorreu entre 1986 e 1993, a OMC (2004) cita que as questões relativas ao meio ambiente e comércio foram abordadas no Acordo Geral sobre Comércio e Serviços (GATT), Acordos sobre a Agricultura (AoA), Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS), Barreiras Técnicas ao Comércio (TBT)², Subsídios e Medidas Compensatórias (SCM) e Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS).

Em 1994, foi criado o Comitê de Comércio e Meio Ambiente (CTE), composto por todos os membros da OMC e um número de observadores de organizações intergovernamentais. Este comitê tornou-se responsável por subsidiar as decisões da OMC com relação ao meio ambiente. No caso da Rodada de Doha, em 2001, quando se decidiu lançar negociações relacionadas a comércio e meio ambiente, o debate sobre o tema era realizado no âmbito do CTE, cujo foco foi delimitado em três pilares: efeitos das medidas ambientais no acesso a mercados, provisões relevantes do acordo TRIPS e requerimentos de rotulagem para fins ambientais (OMC, 2004).

A Figura 1 mostra os principais movimentos ambientais, realizados pela ONU ou a pedido da ONU (no caso do relatório Bruntland), na parte superior da linha do tempo e as iniciativas conduzidas pelos membros do GATT, depois OMC, que tratavam da relação meio ambiente e comércio, na parte inferior da linha horizontal.

² Ao final da Rodada do Uruguai, o *Standards Code* deu lugar ao Acordo sobre Barreiras Técnicas (TBT) e ao Acordo sobre Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS), sendo que a previsão do uso de regulamentos e normas técnicas para proteção ambiental foi formal e explicitamente incluída como uma justificativa legítima para os países regulamentarem no Acordo TBT.

Figura 1 - Marcos dos movimentos ambientais e das iniciativas do GATT/OMC sobre meio ambiente e comércio

Fonte: Elaborado pela autora.

Não somente no âmbito dos organismos multilaterais ambientais e comerciais, mas também na pesquisa e academia, a interrelação comércio e ambiente foi alvo de reflexão e debate, levando a desenvolvimentos teóricos e empíricos. De acordo com Feix, Miranda e Barros (2010), até a década de 1980, predominava a abordagem tradicional ou neoclássica, a qual defende que as políticas ambientais afetam os padrões de comércio e isto resulta em perda de vantagens comparativas. Portanto, haveria um *trade-off* entre rigor da regulação ambiental e competitividade. Os precursores dessa ideia foram Baumol e Oates (1975), Pethig (1976) e Siebert (1977).

Por exemplo, as políticas ambientais poderiam afetar os padrões de comércio no caso em que uma medida não-tarifária relacionada ao meio ambiente se caracterizasse como barreira não-tarifária, o que, por sua vez, diminuiria o fluxo de comércio entre os países envolvidos. Uma outra situação de impacto sobre o comércio poderia ocorrer quando os países em desenvolvimento não conseguem se adaptar às novas tecnologias demandadas em decorrência das exigências geradas pelas políticas ambientais.

Na década de 1990, conforme relatam Feix, Miranda e Barros (2010), surgiu a abordagem revisionista, cujos precursores foram Porter (1991) e Porter e Linde (1995). Segundo esta abordagem, é possível atingir a proteção ambiental simultaneamente à manutenção, ou até mesmo, ao aumento da competitividade. Nesse contexto, há percepção de que meio ambiente é importante, visto que o crescimento econômico é baseado na exploração dos recursos naturais.

Porter e Linde (1995) explicam que os requisitos ambientais podem levar a inovações que diminuem o custo total dos produtos e agregam valor a eles. Tais inovações podem se dar

por meio de um melhor uso dos *inputs*, como matérias-primas e mão de obra, e pela redução de resíduos que devem ser tratados e por isso, geram um custo adicional sem contrapartida na agregação de valor ao consumidor. Consequentemente, as empresas tornam-se mais competitivas com relação aos bens que já produzem e podem, também, criar novos negócios.

Neste mesmo período, Selden e Song (1994) e Grossman e Krueger (1994) mostraram que desenvolvimento econômico e poluição comportam-se de forma similar a curva de Kuznet invertida. Ou seja, o aumento da renda *per capita* pode, inicialmente, levar a maiores níveis de poluição, porém, outros fatores, tais como elasticidade renda da qualidade do meio ambiente positiva e mudanças na composição da produção e produção, podem causar uma eventual redução desses níveis.

A curva de Kuznets ambiental, como a relação desenvolvimento econômico e poluição passou a ser conhecida, suscitou questionamentos na pesquisa e academia. Cole (2004) citou o fato de que esta curva não considera os padrões de comércio, que podem explicar, pelo menos parcialmente, a redução da poluição nas economias de renda elevada, com o contrário ocorrendo nas economias menos desenvolvidas. A hipótese de *pollution haven*, a qual supõe que as regulamentações ambientais mais brandas geram vantagens comparativas à produção de bens intensivos em poluição, corrobora com esta crítica.

Os resultados empíricos de Cole (2004) mostraram que a hipótese *pollution haven* é significativa para explicar a curva de Kuznet ambiental, embora o efeito seja pequeno comparado a outras variáveis explicativas. Frankel e Rose (2005), por outro lado, encontraram resultados que corroboram com a curva, mostrando que há algumas evidências de que o comércio reduz a poluição.

Mesmo que parte da agenda dos organismos multilaterais ambientais e comerciais sejam mais ideológicas que reais ou representem propostas de determinados grupos de países e que a pesquisa e academia apresentem resultados, quando não divergentes, pouco similares, essas discussões têm um papel fundamental para despertar a preocupação da sociedade com o meio ambiente e mobilizar mais adeptos. Muitas iniciativas ambientais que partiram do setor privado são resultantes da pressão dos consumidores e da mudança das escolhas de compra, partindo para produtos e serviços ambientalmente responsáveis. A agricultura, particularmente, veio sendo observada e discutida nos fóruns ambientais e o crescente interesse no tema criou pressões adicionais que fizeram com que o setor produtivo se mobilizasse e fosse mais proativo na demonstração de suas estratégias em prol da sustentabilidade.

2.3 Inserção da soja nos mercados mundial e brasileiro

A soja em grão e seus derivados resultantes do esmagamento, que são o farelo e o óleo, têm grande importância no mercado internacional, uma vez que são amplamente utilizados para alimentação humana e animal. Recentemente, a proporção destinada à produção de biodiesel também se vem se elevando, conforme apontam os dados da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2015).

Neste contexto, a primeira parte desta seção busca caracterizar o mercado mundial da soja; e a segunda parte descreve os principais aspectos da sojicultura no Brasil, dada a importância desta atividade na formação da renda brasileira e no comércio internacional.

2.3.1 Mercado mundial da soja

A produção do grão é concentrada em poucos países - os Estados Unidos são o maior produtor, seguidos pelo Brasil, Argentina, China e Índia (

Tabela 1). Na safra 2014/15, os cinco países produziram 89,3% da soja mundial (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2015). Em conjunto com a União Europeia, tais países também se caracterizam como os maiores esmagadores e produtores de farelo e de óleo de soja. De fato, os principais produtores de farelo de soja tendem a ser os mesmos no caso do óleo, uma vez que o esmagamento do grão gera ambos os produtos, numa proporção média de 80% de farelo de soja e o restante de óleo, desconsideradas as possíveis perdas do processo.

Tabela 1 - Produção mundial de soja em grão, farelo de soja e óleo de soja, da safra 2010/11 a 2014/15, em mil toneladas

Produtores	Complexo soja	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
Estados Unidos	Soja em grão	90.663	84.291	82.791	91.389	108.014
	Farelo de soja	35.608	37.217	36.174	36.909	39.462
	Óleo de soja	8.568	8.954	8.990	9.131	9.405
Brasil	Soja em grão	75.300	66.500	82.000	86.700	94.500
	Farelo de soja	28.160	29.510	27.310	28.540	30.420
	Óleo de soja	6.970	7.310	6.760	7.070	7.540
Argentina	Soja em grão	49.000	40.100	49.300	53.500	59.500
	Farelo de soja	29.312	27.945	26.089	27.892	30.580
	Óleo de soja	7.181	6.839	6.364	6.785	7.500
China	Soja em grão	15.080	14.485	13.050	12.200	12.350
	Farelo de soja	43.560	48.288	51.440	54.531	58.490
	Óleo de soja	9.840	10.914	11.626	12.335	13.225
Índia	Soja em grão	10.100	11.700	12.200	9.500	9.800
	Farelo de soja	7.440	7.720	7.920	6.640	5.920
	Óleo de soja	1.646	1.708	1.752	1.478	1.315
União Europeia	Soja em grão	1.198	1.220	948	1.209	1.689
	Farelo de soja	9.633	9.668	10.398	10.586	10.700
	Óleo de soja	2.362	2.359	2.501	2.546	2.575
Outros	Soja em grão	23.004	22.131	28.535	28.755	32.400
	Farelo de soja	20.717	20.143	21.942	24.371	27.062
	Óleo de soja	4.805	4.658	5.094	5.655	6.279
Total	Soja em grão	264.345	240.427	268.824	283.253	318.253
	Farelo de soja	174.430	180.491	181.273	189.469	202.634
	Óleo de soja	41.372	42.742	43.087	45.000	47.839

Fonte: Elaborado a partir dos dados de United States Department of Agriculture (USDA).

Enquanto a produção de soja nos Estados Unidos cresceu apenas 43,9% da safra 2000/01 a 2014/15, no Brasil e na Argentina, esse percentual atingiu 139,2 e 114,0%, respectivamente, no mesmo período. No Brasil e na Argentina, o crescimento, evidenciado na Figura 2, ocorreu por conta, sobretudo, do aumento da área, uma vez que a produtividade da lavoura, muito semelhante entre esses dois países, apresentou pequena variação nos últimos anos - na safra 2000/01, a produtividade média na Argentina foi de 2,67 t/ha e no Brasil, de 2,83 t/ha; na safra 2014/15, esses valores passaram para 3,02 e 3,00 t/ha, respectivamente (USDA, 2015).

Por outro lado, a produção norte-americana, embora tenha crescido menos que a argentina e a brasileira, apresentou um maior incremento de produtividade média, passando de 2,56 na safra 2000/01 a 3,21 t/ha na safra 2014/15.

Figura 2 - Área de soja em grão dos principais produtores, da safra 2000/01 a 2014/15, em mil ha

Fonte: Elaborado a partir dos dados de United States Department of Agriculture (USDA).

As exportações de soja em grão são ainda mais concentradas, com os cinco maiores exportadores - Estados Unidos, Brasil, Argentina, Paraguai e Canadá - perfazendo 93,6% do valor total comercializado internacionalmente em 2014, que foi de US\$ 59,2 bilhões. Esses países têm como principais compradores a China e a União Europeia (Figura 3). Quanto às exportações de farelo e óleo de soja, o principal *player* é a Argentina, cujo sistema tarifário busca incentivar o processamento da soja dentro do país, de forma que as tarifas de exportação sejam maiores para a soja em grão do que para o farelo e óleo de soja. Em 2014, a tarifa de exportação argentina da soja em grão foi de 35%, enquanto a do farelo e do óleo foi de 32%. O incentivo ao processamento da soja poderia ser dado através da desoneração de impostos, no entanto, as tarifas de exportação são uma importante fonte de renda para o governo argentino, sobretudo considerando o setor sojicultor, uma vez que as exportações do complexo de soja contribuem com a maior parte das reservas de dólar do Banco Central argentino (MARKLEY, 2014).

No Brasil, a Lei Kandir de 1996 incentivou as exportações da soja em grão em detrimento dos processados, uma vez que a exportação dos produtos primários e industrializados semielaborados foi desonerada do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e

Serviços (ICMS)³, diminuindo a vantagem comparativa do farelo e do óleo de soja com relação ao grão (BRASIL, 1996).

Figura 3 - Destino das exportações da soja em grão da Argentina, Brasil, Canadá, Paraguai e Estados Unidos em 2014, em percentual das suas receitas de exportação em US\$

Fonte: Elaborado a partir dos dados de World Integrated Trade Solution/United Nations Commodity Trade Statistics Database (WITS/COMTRADE).

As Figura 4 e Figura 5 mostram o destino das exportações de óleo de soja e farelo de soja, respectivamente, dos principais exportadores, em 2014. As compras de farelo e óleo de soja são distribuídas entre diversos países, mas, no caso do óleo de soja, a Índia tem grande representatividade enquanto, no do farelo, destaca-se a União Europeia.

³ O benefício não se aplica à indústria exportadora que utiliza matéria prima trazida de fora do seu estado de origem (BRASIL, 1996).

Figura 4 - Destino das exportações de óleo de soja da Argentina, Brasil, China, Paraguai e Estados Unidos em 2014, em percentual das suas receitas de exportação em US\$

Fonte: Elaborado a partir dos dados de World Integrated Trade Solution/United Nations Commodity Trade Statistics Database (WITS/COMTRADE).

Figura 5 - Destino das exportações de farelo de soja da Argentina, Estados Unidos, Brasil, Paraguai e China em 2014, em percentual das suas receitas de exportação em US\$

Fonte: Elaborado a partir dos dados de World Integrated Trade Solution/United Nations Commodity Trade Statistics Database (WITS/COMTRADE).

Considerando o mercado conjunto da soja em grão, farelo e óleo de soja, ou seja, o complexo soja, a União Europeia era a maior importadora mundial, em valores monetários, até

2006, e desde então, perdeu esta posição para a China. A China e a União Europeia também são as maiores compradoras do complexo soja brasileiro. Em 2014, a China importou US\$ 17,0 bilhões de soja do Brasil e a União Europeia, US\$ 7,7 bilhões, o que representa 54,2 e 24,4% do total exportado brasileiro, respectivamente (WITS/COMTRADE, 2015).

A União Europeia é mais exigente quanto ao atendimento de requisitos ambientais na aquisição de soja de modo que, no caso do Brasil, cuja expansão da produção ocorreu predominantemente nos biomas Cerrado e Mata Atlântica e baseada em sementes transgênicas, as certificações privadas tornaram-se importantes instrumentos para atingir o mercado europeu.

A China não tem aplicado requisitos ambientais na comercialização de soja, embora, recentemente, seu governo tenha adotado algumas medidas que mostram o aumento da preocupação com o meio ambiente. Em 2012, foi lançada a Diretiva do Crédito Verde, pela qual as instituições financeiras chinesas devem considerar os riscos ambientais e sociais ao conceder crédito às empresas chinesas, inclusive quando o investimento é realizado no exterior (CHINA BANKING REGULATORY COMMISSION - CBRC, 2012). Dois anos depois, em 2014, foram aprovadas emendas à lei de proteção ambiental, cuja primeira versão data de 1979 e a segunda, de 1989, ampliando o poder das autoridades ambientais e permitindo punições mais severas aos poluidores (YOU, 2015).

Por ser, atualmente, a maior importadora de soja brasileira, essa questão torna-se problemática ao considerar um cenário no qual a China passa a estabelecer requisitos de caráter ambiental para produtores domésticos, que, pelo princípio do tratamento nacional (não discriminação) do GATT/OMC, devem incidir também sobre os fornecedores externos. Enquanto práticas mais sustentáveis podem resultar em inovações, aumentando a qualidade do produto e diminuindo seus custos, além de trazerem resultados positivos para o meio ambiente (diminuição do desmatamento e conservação de áreas prioritárias, por exemplo), também podem diminuir a competitividade do Brasil no mercado internacional de soja se, eventualmente, ocasionarem a elevação do custo de produção.

2.3.2 Sojicultura no Brasil

A produção de soja no Brasil cresceu mais de 10% ao ano entre 1970 e 1990, impulsionada, predominantemente, pela expansão de área, que foi de cerca de 8,3% ao ano, segundo Schnepf, Dohlman e Bolling (2001). Os mesmos autores elencam as políticas públicas que incentivaram o setor sojicultor, quais sejam: financiamento de pesquisa e desenvolvimento agrícolas, mecanismos de garantia de preço, programas de produção e de crédito, subsídios, investimento em infraestrutura pública e políticas energéticas e fiscais de apoio.

O Sul, especificamente, Paraná e Rio Grande do Sul, era a principal região produtora do país, porém, após a safra 1997/98, o Centro-Oeste, encabeçado pelo Mato Grosso, passou a concentrar a maior parte da produção (Tabela 2). A produção no Centro-Oeste se tornou possível devido à evolução tecnológica promovida sobretudo pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em conjunto com grupos privados de pesquisa, permitindo que a soja, uma cultura tipicamente de clima temperado e subtropical, fosse produzida em condições edafoclimáticas distintas.

Tabela 2 - Área plantada, em mil ha e produção, em mil t por região brasileira e no Brasil, em safras selecionadas

Regiões	Safras						Participação na safra (%)	
	1990/91	1995/96	2000/01	2005/06	2010/11	2013/14	1990/91	2013/14
<i>Área Plantada (mil ha)</i>								
Centro-Oeste	2.946	3.695	5.760	10.743	10.819	13.909	30%	46%
Nordeste	283	532	963	1.487	1.946	2.602	3%	9%
Norte	6	7	92	508	646	1.179	0%	4%
Sudeste	972	1.092	1.172	1.718	1.637	1.990	10%	7%
Sul	5.535	5.338	5.984	8.295	9.134	10.493	57%	35%
Brasil	9.743	10.663	13.970	22.749	24.181	30.173	100%	100%
<i>Produção (mil t)</i>								
Centro-Oeste	6.667	8.846	17.002	27.825	33.939	41.801	43%	49%
Nordeste	564	922	2.076	3.561	6.252	6.621	4%	8%
Norte	12	14	217	1.255	1.977	3.391	0%	4%
Sudeste	1.930	2.275	2.874	4.137	4.622	5.015	13%	6%
Sul	6.221	11.133	16.264	18.249	28.535	29.293	40%	34%
Brasil	15.395	23.190	38.432	55.027	75.324	86.121	100%	100%

Fonte: Elaborado a partir dos dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

Desde a década de 1990, a soja e seus derivados firmaram-se como os principais produtos agrícolas exportados pelo Brasil. Mesmo durante o período de política nacional de valorização da taxa de câmbio, iniciada em 1994, a produção de soja aumentou, sobretudo em decorrência do incremento da produtividade, aproveitando economias de escala na medida em que avançava para o Centro-Oeste.

A mudança na política cambial no final de 1998 contribuiu ainda mais para a tendência de expansão da soja, cujo preço em moeda nacional se elevou devido à desvalorização do dólar, compensando parcialmente os baixos preços do grão no mercado internacional entre 1999 e 2001, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 - Preço internacional da soja, em US\$/t, e taxa de câmbio comercial (compra), em R\$/US\$, de 1995 a 2014

Fonte: Elaborado a partir dos dados de Chicago Board of Trade (CBOT) - Preço internacional da soja; Banco Central do Brasil (BACEN) - Taxa de câmbio comercial (compra).

A partir de 2000, o aumento da produção foi impulsionado pelos preços internacionais mais atrativos da soja em conjunto com a desvalorização do câmbio. Considerando as informações da Figura 6, tem-se que, por exemplo, em 2006, o preço da soja no mercado doméstico foi de R\$ 463,89/t; em 2008, antes da crise econômica, o produtor brasileiro obtinha R\$ 1.055,80/t de soja.

A maior produção levou à valorização do preço da terra agrícola, sobretudo na região Centro-Oeste. Segundo dados da Informa Economics FNP (2015), o preço médio da terra agrícola destinada à produção de soja ou algodão nas cidades de Diamantino e Nova Ubiratã, no Mato Grosso, saltou de R\$ 9.780/ha para R\$ 17.167/ha, valores deflacionados pelo Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGD-DI), para o ano-base 2013. Em cidades onde o cultivo de soja era mais tradicional, o aumento de preços não foi relevante. Por exemplo, em Sorriso, Lucas do Rio Verde e Nova Mutum, também no Mato Grosso, o preço médio da terra passou de R\$ 15.112/ha em 2003 para R\$ 15.183/ha em 2013.

Recentemente, a sojicultura tem se expandido para uma região conhecida como MATOPIBA, que compreende os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Esta região é caracterizada por apresentar áreas planas e extensas, com solos potencialmente produtivos. Da mesma forma que ocorreu no Centro-Oeste, a expansão da produção de soja em MATOPIBA se tornou possível devido, principalmente, ao desenvolvimento de novas

variedades de semente adaptadas às condições locais, pelas empresas públicas, como a Embrapa, e também pelas privadas.

Miranda, Magalhães e Carvalho (2014) mostraram que houve uma substituição muito rápida das pastagens extensivas em campos e cerrados por uma agricultura mecanizada e irrigada em MATOPIBA. De acordo com os dados da Tabela 3, a área de soja aumentou mais de 226% entre as safras 2000/01 e 2013/14, enquanto a produção cresceu 292% no mesmo período, o que permite concluir que a melhoria na produtividade teve um papel relevante para a expansão da quantidade produzida.

Tabela 3 - Área plantada, em mil ha, e produção, em mil t, na região MATOPIBA, em determinadas safras

Estados	1990/91	1995/96	2000/01	2005/06	2010/11	2013/14
<i>Área Plantada (mil ha)</i>						
MA	5	89	210	383	518	662
TO	4	5	66	310	405	748
PI	0	10	62	232	384	627
BA	278	433	691	873	1.044	1.313
Total	287	537	1.029	1.797	2.350	3.351
<i>Produção (mil t)</i>						
MA	8	200	483	1.025	1.600	1.824
TO	7	9	139	700	1.227	2.059
PI	0	23	143	545	1.144	1.489
BA	556	699	1.450	1.991	3.508	3.308
Total	571	931	2.215	4.261	7.479	8.680

Fonte: Elaborado a partir dos dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

A região de MATOPIBA, comparada ao Mato Grosso, tem a vantagem de estar mais próxima dos portos exportadores, assim como as regiões produtivas de soja nos estados do Sul. A maior proximidade dos portos reflete diretamente na rentabilidade dos produtores, uma vez que os custos com frete, o tempo de embarque e as perdas físicas são menores. Além disso, como a maior parte dos fertilizantes é importada, a distância dos portos também influencia no custo de produção. De acordo com os dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2015), o preço *spot* médio anual da saca de soja de 60 kg em Sorriso, Mato Grosso, sempre foi menor que o das demais regiões pesquisadas, que incluem, no Paraná, as praças Norte, Oeste, Ponta Grossa e Paranaguá, no Rio Grande do Sul, as praças Ijuí e Passo Fundo e, em Minas Gerais, o Triângulo Mineiro.

Neste sentido, a busca por competitividade passa por melhorias na logística. O Programa de Investimento em Logística (PIL), lançado em 2012 pelo governo brasileiro, deve contribuir

com o setor sojicultor, sobretudo no Centro-Oeste, uma vez que o Programa inclui investimentos e expansão da malha viária que passa pelas principais cidades produtoras de soja da região, com destino aos portos do Arco Norte, localizados em Itacoatiara (AM), Santarém e Vila do Conde (PA), Itaqui (MA) e Salvador (BA). Dentre os trechos que receberão aporte de recursos, inclui a BR-163, que liga a cidade de Sinop (MT) a Itaituba (PA) e a ferrovia que liga Lucas do Rio Verde (MT) e Miritituba (PA), segundo informações do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (2015).

Embora o PIL venha a contribuir com a logística do Brasil, os investimentos públicos realizados nos últimos anos foram muito pequenos, o que levou o setor privado a construir terminais próprios. No entanto, até mesmo a concessão dos Terminais de Uso Privado (TUPs), como são chamados, era burocrática. A Lei nº 12.815, de 2013, veio na contramão deste cenário e definiu novos termos, mais facilitados, para a exploração dos TUPs. De 2013 a 2015, 30 TUPs foram concedidos, inclusive para empresas fornecedoras de soja, como a Louis Dreyfus (SECRETARIA DE PORTOS, 2016).

2.4 Sustentabilidade da soja no Brasil

Na percepção do comprador internacional e de Organizações Não-Governamentais (ONGs), a sojicultura nacional sob a ótica da sustentabilidade está centrada, principalmente, em duas questões: dimensão do setor sojicultor no Brasil e na possibilidade de sua expansão em áreas cobertas com vegetação nativa, como o Cerrado e a Amazônia. Essas duas questões ficaram evidenciadas nas seções anteriores, assim como o padrão do avanço da soja no País nos últimos anos, que desencadeiou e deve ainda desencadear reflexos sobre o grau de preservação da vegetação nativa nos biomas referidos.

Em termos de biomas e da preocupação da sojicultora como fator de pressão sobre a vegetação nativa, é interessante notar que esta cultura se estende desde a Mata Atlântica nos estados costeiros, passando pelo Cerrado, Pantanal e atingindo já áreas dentro do bioma amazônico.

A Mata Atlântica foi o primeiro bioma a ser desmatado no país por razões históricas - quando os portugueses vieram para o Brasil, eles se concentraram na costa do oceano Atlântico, isto porque sua chegada se deu por este local e pelo fato de haver uma mata extensa no interior do país, dificultando sua entrada. A elevada taxa de povoamento associada ao início das atividades econômicas levou à diminuição da cobertura vegetal da Mata Atlântica, que tem

como ativo florestal⁴, aproximadamente, 4 milhões de hectares, que correspondem a apenas 3% de sua extensão original (SOARES-FILHO et al., 2014). Portanto, o cultivo de soja não foi o principal responsável pelo desmatamento desse bioma.

Já o Cerrado e o Pantanal, apresentam-se mais conservados, uma vez que sua ocupação foi impulsionada pelas políticas governamentais a partir de 1960, que visavam a integração e o desenvolvimento das regiões brasileiras. A Amazônia, embora tenha apresentado alguns ciclos econômicos anterior a este período, como o ciclo da borracha, também foi alvo das políticas governamentais. Assim, a presença da sojicultora nesses biomas pode intensificar a supressão da vegetação nativa existente.

O Mato Grosso, estado líder na produção de soja no Brasil, está localizado nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, que ocupam 54, 39 e 7% da sua área, respectivamente (IBGE, 2015b) e de 2000 a 2014, 6,8 milhões de hectares de floresta foram derrubados nos municípios localizados na área correspondente à Amazônia Legal⁵ mato-grossense, segundo dados do Projeto Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2015). Porém, o passivo ambiental do Mato Grosso, o maior do País, se distribui em todos os biomas, estando a maior parte localizada no bioma Amazônia, seguido pelo Cerrado e Pantanal.

A Figura 7 mostra a área desmatada, em ha, na Amazônia (linha verde) e no Cerrado (linha amarela) até 2002 e entre 2002 e 2012. Embora grande parte do desmatamento tenha ocorrido até 2002, verifica-se um aumento da área desmatada entre 2002 e 2012. Esse aumento é claramente identificado no oeste da Bahia e leste do Pará, e, mesmo que dispersado, continuou a ocorrer nos demais estados localizados no Cerrado e na Amazônia, sobretudo Mato Grosso e Rondônia.

⁴ Ativo florestal refere-se à área da cobertura de vegetação nativa que excede o determinado pela lei. No caso da Mata Atlântica, o Código Florestal determina que 20% da área do imóvel deve ser mantida com cobertura de vegetação nativa, a título de reserva legal.

⁵ A Amazônia Legal foi criada em 1953 para delimitar a área de atuação da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), a qual foi substituída pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). A extensão total desta área é de, aproximadamente, 5,02 milhões de km² e está inserida nos estados da Região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), acrescidos da totalidade do Estado de Mato Grosso e dos municípios do Estado do Maranhão situados a oeste do meridiano 44° O (IBGE, 2015b).

Figura 7 - Mapa da área desmatada na Amazônia e no Cerrado, em ha, até 2002 e entre 2002 e 2012

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - Amazônia e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) - Cerrado.

Nas áreas em que o desmatamento aumentou, como oeste da Bahia e leste do Pará, também houve um aumento da área plantada de soja (Figura 8).

Figura 8 - Mapa da área plantada de soja, em ha, em 2002 e 2012

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Além da questão da conversão de vegetação nativa em área de produção de soja, como um primeiro elemento na discussão sobre a sustentabilidade dessa cultura no Brasil, há que se

destacar outras preocupações de cunho ambiental relacionadas diretamente ao modelo de produção da soja.

É comum produzir soja, milho safrinha e, dependendo do calendário e da região, uma terceira cultura, como trigo ou aveia. Não há rotação de cultura, apenas a sua sucessão, o que causa muita pressão no agrossistema, contribuindo com o aumento de plantas invasoras (ou plantas daninhas) e, possivelmente, redução da biodiversidade. Ou seja, nesse modelo de produção, há uma alteração negativa do meio ambiente, ao contrário do que ocorre no sistema de plantio integrado, cujos benefícios incluem a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo devido ao aumento da matéria orgânica e a redução dos riscos de erosão, de acordo com Balbino, Barcellos e Stone (2011).

Acrescenta-se à questão da sustentabilidade no âmbito da sojicultura nacional o uso de cultivares tolerantes a herbicidas, que são produzidos a partir de sementes transgênicas. Os riscos do plantio de soja transgênica próximo à área com soja convencional incluem a possibilidade de cruzamento dessas variedades, o que torna duvidoso o nível de pureza da soja não-transgênica, podendo lesar os consumidores, cujo direito é saber o que estão consumindo, e colocar em risco a existência de variedades não-transgênicas. Também, o uso excessivo de herbicidas pode contaminar o solo, a água e o ar, além de tornar as plantas daninhas resistentes a eles.

No entanto, Cerdeira et al. (2007) afirmam que o cruzamento da soja transgênica com a soja não-transgênica ou com outras espécies nativas é muito difícil de ocorrer, isso porque a soja é uma planta autopolinizadora e não é nativa. Quanto à contaminação do meio ambiente, Cerdeira et al. (2007), Vila-Aiub et al. (2008), Duke e Powles (2008) citam que os efeitos do glifosato são mínimos comparados a outros herbicidas que poderiam ser utilizados na produção do grão. Para esses autores, o maior risco inerente ao plantio de soja transgênica é a resistência de plantas daninhas.

A semente *Roundup Ready* (soja RR), resistente ao herbicida glifosato, é a principal cultivar de soja utilizada pelos sojicultores brasileiros, tendo sido introduzida no país em meados da década de 1990 e se difundido rapidamente. Em 2014, o Brasil foi o segundo país no mundo com o maior uso de soja RR em seu território, ficando atrás somente dos Estados Unidos, de acordo com os dados da International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA, 2016). O glifosato é um herbicida que mata as plantas daninhas, as quais competem com a soja por luz, água e nutrientes, além de dificultar a colheita, aumentar o nível de impurezas e a umidade do grão.

Além da semente *Roundup Ready*, outras foram aprovadas pelo governo brasileiro, como a *Cultivance*, resistente ao herbicida da família das imidazolinonas e *Liberty Link*, resistente ao glufosinato de amônio. O uso de diferentes herbicidas pode contribuir com o manejo da resistência das plantas daninhas, mas isso depende do custo, aceitação no mercado externo, entre outras variáveis que afetam a decisão sobre que semente utilizar.

As indagações sobre a extensão dos problemas ambientais relacionados à cultura da soja (e a outras agropecuárias) fomentaram o desenvolvimento de uma série de iniciativas, públicas e privadas, regulatórias e de normalização, globais e locais, a fim de dar uma resposta às mesmas. Algumas das iniciativas e marcos mais relevantes no contexto da discussão dos problemas de sustentabilidade na cultura da soja brasileira e seus impactos sobre sua aceitação no mercado internacional são destacados abaixo.

2.4.1 Mudanças regulatórias recentes no Brasil

No âmbito público nacional, tem havido ações do governo para criar um ambiente no qual o crescimento seja baseado em pilares sustentáveis. Os esforços governamentais para regularização fundiária na região Norte do país são um exemplo. Para Nepstad et al. (2002), a regularização fundiária é importante para reduzir o desmatamento, porém, esse efeito positivo é ameaçado pelas fraquezas institucionais e a violência rural. Já Pacheco (2009), afirma que a regularização fundiária leva a menores taxas de desmatamento quando realizada em áreas de pequenos agricultores com uso diversificado da terra, enquanto que o contrário é esperado em áreas caracterizadas pelo uso extensivo da terra, principalmente pela pecuária de grande escala.

Embora não haja um consenso quanto ao efeito da regularização fundiária no meio ambiente, o direito legal da posse da terra é um importante insumo para a elaboração de políticas ambientais, além de garantir uma melhor mensuração e monitoramento do desmatamento, medidas que já vêm sendo adotadas pelo governo através de diferentes programas, como o Monitoramento do Desmatamento das Formações Florestais na Amazônia Legal, conhecido por Projeto Prodes.

Um outro exemplo das ações do governo para criar um ambiente no qual o crescimento seja baseado em pilares sustentáveis e de grande relevância foi o estabelecimento da Lei nº 12.651, sancionada em 2012, e conhecida como o Novo Código Florestal brasileiro. Alguns dos principais compromissos de proteção florestal no Brasil já integravam o Código Florestal de 1965 e suas alterações de 1989, mas foram ajustados após longos anos de discussão e dificuldades de implementação e fiscalização dos mecanismos então previstos.

Dentre as mudanças do Novo Código Florestal, tem-se a inclusão da Área de Preservação Permanente (APP) no cômputo da área de reserva legal; a permissão para conduzir determinadas atividades econômicas em APP; a isenção da recomposição da reserva desmatada ilegalmente até julho de 2008 para propriedades de até quatro módulos fiscais, e; a adoção do nível regular da água, em detrimento do período das cheias, como parâmetro para determinar a distância das margens de rios, lagos e nascentes (BRASIL, 2012).

Tais modificações conferem menor rigidez ao Novo Código se comparado ao anterior. Soares-Filho et al. (2014) calculam que o passivo ambiental⁶ reduziu em 58% com a revisão do Código, passando de cerca de 50 para 21 milhões de hectares. No entanto, o cumprimento da lei torna-se mais viável mesmo porque uma série de ferramentas também foram propostas a fim de promover a proteção e recuperação da vegetação nativa, de áreas de preservação permanente e de reserva legal, sendo as principais o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA). Estas ferramentas previstas legalmente, entende-se, podem contribuir para melhorar o *enforcement* do Novo Código vis-à-vis o anterior.

O CAR é obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais. Desta forma, as reservas legais e as APP estão sendo mapeadas em todo país, dando suporte às políticas públicas para que os objetivos das políticas ambientais se associem às estratégias de desenvolvimento.

Em julho de 2016, a área registrada no CAR era de 93,38% da área passível de cadastro no Brasil, que é de 397,84 milhões de hectares, de acordo com os dados do Serviço Florestal Brasileiro (2016). É interessante notar que no Mato Grosso, a área cadastrada já atingiu 92,96%, o que indica que as principais áreas de soja do país estão sendo regularizadas (

⁶ Passivo ambiental refere-se à área a ser recomposta por ser inferior ao determinado pela lei, incluindo os déficits de reserva legal e de área de preservação permanente. Por exemplo, suponha que determinado imóvel localizado no bioma Mata Atlântica contém 15% de reserva legal e não apresenta área de preservação permanente, mas o Código Florestal determina que, neste bioma, 20% da área do imóvel seja mantida com vegetação nativa, logo, o passivo ambiental do imóvel é de 5%.

Tabela 4).

Tabela 4 - Dados do Cadastro Ambiental Rural de julho de 2016

	Área passível de cadastro (ha) ¹	Área total cadastrada (ha) ²	Percentual de área cadastrada ³
Acre	3.528.543	10.612.280	Acima de 100%
Amapá	2.079.381	2.475.021	Acima de 100%
Amazonas	6.733.964	22.837.524	Acima de 100%
Pará	56.836.278	55.159.854	97,05%
Rondônia	8.433.868	12.541.694	Acima de 100%
Roraima	1.717.532	3.609.206	Acima de 100%
Tocantins	14.387.949	12.652.209	87,94%
Alagoas	2.112.574	840.047	39,76%
Bahia	29.581.747	11.136.756	37,65%
Ceará	7.948.067	3.558.357	44,77%
Maranhão	13.033.568	19.463.174	Acima de 100%
Paraíba	3.787.162	1.759.656	46,46%
Pernambuco	5.434.076	3.591.726	66,10%
Piauí	9.506.597	7.939.275	83,51%
Rio Grande do Norte	3.187.928	2.190.323	68,71%
Sergipe	1.482.437	967.813	65,29%
Distrito Federal	478.514	256.698	53,64%
Goiás	26.136.081	23.126.698	88,49%
Mato Grosso do Sul	30.274.975	26.077.626	86,14%
Mato Grosso	73.000.000	67.351.730	92,26%
Espírito Santo	4.277.470	1.322.238	30,91%
Minas Gerais	33.083.503	35.476.869	Acima de 100%
São Paulo	16.954.564	17.708.414	Acima de 100%
Rio de Janeiro	2.059.459	3.083.016	Acima de 100%
Paraná	15.391.782	14.458.937	93,94%
Rio Grande do Sul	20.326.355	16.863.377	82,96%
Santa Catarina	6.062.490	6.392.811	Acima de 100%

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Serviço Florestal Brasileiro.

Nota: ¹ Área estimada com base no Censo Agropecuário 2006 (IBGE), exceto para Amapá, Amazonas, Pará, Distrito Federal e Mato Grosso, que atualizaram os dados em abril de 2015 e para Espírito Santo, que atualizou os dados em janeiro de 2016. ² Dados obtidos do Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) em 31/07/2016, incluindo os Beneficiários da Reforma Agrária, exceto para Mato Grosso do Sul, Espírito Santo e São Paulo, que atualizaram os dados baseados em sistemas próprios em 31/07/2016. ³ Percentual calculado com base na área passível de cadastro.

O PRA, segundo passo para a regularização ambiental, refere-se aos planos de recuperação do passivo ambiental dos estados e Distrito Federal. Ele abrange, além do CAR, a assinatura do termo de compromisso para regularização do imóvel ou posse rural e os mecanismos de controle e acompanhamento da recomposição, recuperação, regeneração ou

compensação e de integração das informações no Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e mecanismos de acompanhamento da suspensão e extinção da punibilidade das infrações de que trata o Novo Código Florestal, que incluam informações sobre o cumprimento das obrigações firmadas para a suspensão e o encerramento dos processos administrativo e criminal⁷.

O desafio para o governo brasileiro é implementar o Novo Código dentro de todo o território nacional. As ferramentas criadas, o CAR e o PRA, dão suporte ao governo para verificar o cumprimento da lei. No entanto, esta legislação também determina outras medidas necessárias para estimular a regularização, como isenção de impostos para os principais insumos e equipamentos e concessão de empréstimos bancários e contratação de seguro em condições melhores que as praticadas no mercado apenas para os estabelecimentos rurais legalizados (BRASIL, 2012).

Embora o Código Florestal e seus instrumentos previstos abranjam todas as propriedades rurais e regiões, é interessante notar que o principal estado produtor de soja e as regiões onde esta cultura avançou mais rapidamente nos últimos anos, estão entre aquelas que com maior agilidade buscam se ajustar à legislação ambiental. Em boa medida, o Código Florestal novo, assim como o anterior, já responde a muitas das preocupações dos consumidores internacionais da soja brasileiras e das ONGs, especialmente no que tange à questão da preservação da vegetação nativa e controle do desmatamento.

2.4.2 Iniciativas privadas nacionais e internacionais

A expansão da produção de soja no Brasil em áreas com alto valor ambiental levantou questionamentos em âmbito internacional, sobretudo devido a sua relação com o desmatamento e seus impactos resultantes, como emissão de gases de efeito estufa e perda da biodiversidade. Em 2006, o Greenpeace publicou o relatório intitulado *Eating up the Amazon*, que analisava o impacto do setor sojicultor na floresta Amazônica (GREENPEACE, 2006). Essa publicação difundiu-se entre a sociedade civil e diversas indústrias compradoras da soja nos principais países importadores, as quais passaram a exigir que o grão fosse cultivado seguindo normas de sustentabilidade.

Naquele mesmo ano, a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), em conjunto com a Associação Brasileira dos Exportadores de Cereais (ANEC),

⁷ Maiores informações podem ser obtidas no decreto nº 8.235, de 5 de maio de 2014, que estabelece normas gerais complementares aos Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal. Além disso, os próprios Estados e o Distrito Federal devem normatizar o PRA, definindo as regras de funcionamento do programa.

comprometeram a não comercializar e nem financiar a soja produzida em áreas desmatadas no bioma Amazônia após o dia 24 de julho de 2006. Este acordo, chamado de Moratória da Soja, teria duração de dois anos, mas foi renovado várias vezes. Na renovação de novembro de 2014, passou-se a utilizar o ano de 2008 como limite do desmatamento, em alinhamento com o Novo Código Florestal, que anistiou desmatamentos até o dia 22 de julho de 2008.

O principal método de identificação do plantio de soja em áreas desmatadas é o monitoramento dos polígonos mapeados pelo Prodes nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, que são os principais estados produtores de soja no bioma Amazônia. O monitoramento ocorre via imagens de satélite adquiridas por sensores com resoluções espaciais e temporais complementares. Na sequência, os polígonos são sobrevoados e fotografados para, então, confirmar a presença de soja *in loco*, antes da colheita. A identificação do produtor é realizada nas visitas individuais às fazendas ou nos cartórios regionais com a obtenção das matrículas dos imóveis rurais.

A área desflorestada anual na Amazônia Legal passou de 1.822.600, em 2000, para 484.800 ha em 2014, queda de 73,4%, conforme mostra a

Tabela 5. Esse resultado foi obtido não só por iniciativas como a da Moratória da Soja, mas também pela estrutura tecnológica de monitoramento e outras ações governamentais com foco na redução do desmatamento. Os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia acompanharam essa queda praticamente na mesma proporção. A partir de Moratória, em 2006, verifica-se que esses estados apresentaram, na média, a maior diminuição na área anual desmatada. Apesar deste resultado, os mesmos continuam a ser responsáveis pelas maiores taxas de desmatamento na Amazônia Legal (INPE, 2015).

A queda da área desmatada na Amazônia Legal foi acompanhada de um aumento substancial nos preços reais da terra agrícola de soja em Rondônia e Tocantins entre 2010 e 2014, apresentados na Figura 9, deflacionados pelo IGP-DI para 2013 como ano-base. Por falta de dados, não foi analisado o preço da terra com soja nos demais estados da Amazônia Legal, porém, os preços da terra agrícola e pecuária, de uma forma geral, apresentaram tendência altista, de acordo com Informa Economics FNP (2015).

Tabela 5 - Área desmatada anualmente na Amazônia Legal, por estados, de 2000 a 2014, em mil ha

Estados\Ano	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Acre	55	88	73	40	25	26	31	31
Amazonas	61	89	123	79	60	60	52	46
Amapá	-	-	5	3	10	5	3	-
Maranhão	107	109	76	67	127	71	27	25
Roraima	25	8	31	23	57	26	12	23
Tocantins	24	21	16	12	11	5	5	5
Mato Grosso	637	789	1.181	433	326	87	76	105
Pará	667	751	887	566	561	377	174	183
Rondônia	247	310	386	205	114	44	77	67
Amazônia Legal	1.823	2.165	2.777	1.429	1.291	700	457	485

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Figura 9 - Preço real da terra agrícola de soja em RO e TO, em mil R\$, deflacionado pelo IGP-DI, ano-base=2013, e área desmatada anual na Amazônia Legal, em mil ha, de 2010 a 2014

Fonte: Elaborado a partir dos dados de Informa Economics FNP - Preço da terra agrícola de soja; Fundação Getúlio Vargas (FGV) - IGP-DI; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - Área desmatada anual na Amazônia Legal.

Nota: os preços da terra agrícola de soja em 2014 são estimativas da Informa Economics FNP.

Embora a área desflorestada na Amazônia Legal esteja caindo, a área ocupada com soja em polígonos desflorestados aumentou desde a Moratória, atingindo 47.028 ha na safra 2013/14 (Tabela 6). Esta área é pequena com relação à total ocupada pela soja no Brasil, que foi de, aproximadamente, 30,2 milhões de ha na safra 2013/14. Para a ABIOVE (2015), a eficácia da

Moratória da Soja decorre das menores taxas de desflorestamento observadas após o acordo; porém, há tendência de queda de desmatamento em toda a Amazônia Legal, até mesmo nos estados que não produzem soja, como observado na

Tabela 5.

De acordo com Gibbs et al. (2015), nos dois anos precedentes ao acordo, cerca de 30% da expansão da soja ocorreu através do desmatamento em detrimento da substituição de pastagem ou terras desmatadas por outras culturas, portanto, limpas e prontas para se produzir soja. Após a Moratória, os autores relatam que o desmatamento no bioma Amazônia realizado para a produção de soja caiu para apenas cerca de 1% em 2014.

No bioma Cerrado, onde a Moratória não se aplica, a taxa anual da expansão da soja em área com vegetação nativa variou entre 11 e 23%, de 2007 a 2013. Nas áreas de cerrado de MATOPIBA, especificamente, essa taxa atingiu 40% (GIBBS et al., 2015). Esses percentuais mostram a importância de iniciativas como a Moratória da Soja a fim de diminuir a conversão de áreas com vegetação nativa para a produção de soja.

Tabela 6 - Ocupação da soja em áreas desmatadas nos estados monitorados pela Moratória da Soja, entre as safras 2009/10 e 2013/14, em ha

Safras por estado	Faixas de área			Total
	25 a 50 ha	50 a 100 ha	>100 ha	
Mato Grosso				
2009/10	647	323	3.701	4.671
2010/11	1.149	1.340	5.896	8.385
2011/12	1.118	1.158	12.282	14.558
2012/13	1.690	1.922	18.158	21.770
2013/14	2.064	2.812	29.285	34.161
Pará				
2009/10	132	265	1.198	1.595
2010/11	418	445	2.421	3.284
2011/12	227	321	2.317	2.865
2012/13	397	682	5.545	6.624
2013/14	638	1.057	9.925	11.620
Rondônia				
2009/10	0	0	29	29
2010/11	29	0	0	29
2011/12	0	0	987	987
2012/13	0	0	899	899
2013/14	0	49	1.197	1.246

Fonte: Elaborado a partir dos dados da Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal (ABIOVE).

O aumento da área ocupada com soja em polígonos desflorestados, mesmo com a Moratória da Soja, reflete a influência de outras variáveis na expansão da cultura, possivelmente preços atrativos. Rudorff et al. (2011) explicam que, num cenário de preços baixos a médios, a

área de floresta queimada é usada durante alguns anos para a criação de gado e que, após a sua limpeza, a área pode destinar-se à produção agrícola intensiva no ano em que os preços se elevam. Já num cenário de preços atrativos, planta-se arroz na área desflorestada por um ou dois anos, para, a seguir, produzir soja. Por fim, quando os preços de soja estão muito elevados, a área desmatada é imediatamente alocada para a produção do grão, uma vez que os custos de limpeza dessa área são compensados pela atividade agrícola.

Após o pico das cotações em 2002, seguido de baixas até 2006, o preço da soja tem apresentado tendência altista. A Figura 10 mostra que o preço *spot* real médio da saca da soja de 60 kg foi R\$ 56,91 e R\$ 72,65, em 2015, respectivamente em Sorriso - MT e Paranaguá - PR, evidenciando uma variação de 67,9% e 40,1% em relação aos níveis de 2006. Nota-se que nas safras de 2011 a 2014, as cotações elevadas para a soja foram acompanhadas de expansão no seu cultivo em áreas desmatadas, como evidenciado na Tabela 6, e vale a pena atentar para a elevação no cultivo da oleaginosa em áreas desmatadas, principalmente acima de 50 hectares.

Figura 10 - Preço spot real médio da saca da soja de 60 kg, em R\$, deflacionado pelo IGP-DI, ano-base=2015, de 1997 a 2015

Fonte: Elaborado a partir dos dados de Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) - Preço spot médio da saca da soja; Fundação Getúlio Vargas - IGP-DI.

Nota: A média Brasil inclui as praças Sorriso, em Mato Grosso, Norte, Oeste, Ponto Grossa, Paranaguá, Paraná, Ijuí e Passo Fundo, no Rio Grande do Sul e Triângulo Mineiro, em Minas Gerais. O preço da soja em Sorriso passou a ser disponibilizado a partir de 2001.

Outra iniciativa privada, de adoção voluntária, e relacionada à questão da sustentabilidade que se impõe ao setor produtivo da soja é a da Soja Plus, cujos organizadores são a Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal (ABIOVE), Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso (APROSOJA), Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Mato Grosso (SENAR-MT), Associação de Agricultores e Irrigantes

da Bahia (AIBA), Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul (FAMASUL), Banco do Brasil e Federação da Agricultura do Estado de Minas Gerais (FAEMG) (ABIOVE, 2015).

A Soja Plus é um programa de educação e conscientização que visa capacitar os produtores com relação à gestão sustentável das fazendas, lançado em 2011, no Mato Grosso, e se estendido para o Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia, posteriormente. Os principais temas abordados pela Soja Plus são qualidade de vida no trabalho, responsabilidade social, viabilidade financeira e econômica, qualidade do produto e melhores práticas agrícolas de produção.

As ações do programa compreendem a distribuição de materiais técnicos, assistência técnica, oficinas de campo, cursos de capacitação e palestras direcionados aos sojicultores de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia e Minas Gerais. Em 2013, um ciclo de palestras sobre as mudanças decorrentes da sanção do Novo Código Florestal foi realizado, do qual 3.200 produtores participaram e, no ano seguinte, foram distribuídas 5.000 guias sobre o Novo Código Florestal.

Além do tema florestal, que é de grande importância ambiental para o setor, há um direcionamento das ações do Soja Plus para o uso responsável de herbicidas, sobretudo do glifosato, por ser utilizado de forma intensiva nas propriedades sojicultoras. Os dados da ISAAA (2016) mostram que a área ocupada com soja transgênica *Roundup Ready* (RR) no Brasil foi em torno de 29 milhões de hectares em 2014, ou seja, praticamente toda a soja produzida no país é geneticamente modificada, uma vez que a área cultivada na safra 2013/14 foi de cerca de 30 milhões de hectares.

A adesão à Soja Plus é relativamente maior do que a adesão aos demais programas de certificação disponíveis, tais como o da *Round Table on Responsible Soy* (RTRS), já que a participação no primeiro é gratuita e garante o recebimento do certificado. Além disso, a Soja Plus tem um viés de extensão rural, enquanto que os demais programas de certificação exigem dos produtores o atendimento a uma série de requisitos, mas não os capacitam para a obtenção dessas melhorias.

A RTRS desenvolveu certificações para diferentes elos da cadeia de soja. No caso da produção de soja, há o Padrão RTRS, que se pauta em cinco princípios: 1) conformidade legal e boas práticas; 2) condições de trabalho responsável; 3) relação responsável com as comunidades; 4) responsabilidade ambiental; e, 5) boas práticas agrícolas. Porém, entre 2011 e 2014, apenas 1.899 ha foram certificados pelo Padrão RTRS (RTRS, 2015).

Especificamente para a produção de biodiesel de soja, a RTRS desenvolveu a certificação *Roundtable of Sustainable Biofuels EU RED*. Esta certificação atende a Diretiva de Energia Renovável (EU-RED) que a União Europeia lançou em 2009, a qual determina que o bloco europeu utilize 20% de energia de fontes renováveis na matriz energética total e 10% na matriz de transportes. Mas, para que as energias renováveis sejam contabilizadas na meta, a produção a partir das fontes renováveis deve seguir padrões sustentáveis. Desta forma, as matérias-primas não podem ser provenientes de áreas com alto valor ambiental, que contenham um elevado estoque de gás carbônico ou que gerem grande emissão de gases de efeito estufa (EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL, 2009).

Esta Diretiva pode ser vista como um elemento a contribuir com as exportações do setor sojicultor brasileiro, seja da soja em grão ou do próprio biodiesel, desde que o processo de produção brasileiro siga padrões sustentáveis. Além da *Roundtable of Sustainable Biofuels EU RED*, a Comissão Europeia reconhece diversos esquemas de certificação para demonstrar a conformidade com os requisitos da Diretiva, como a *International Sustainability and Carbon Certification* e *Bonsucro*.

De maneira geral, o Soja Plus complementa as iniciativas nacionais de adequação ao novo paradigma da governança ambiental, baseado no Código Florestal vigente e mostra-se avançado com relação à Moratória da Soja, tendo em vista que a iniciativa voluntária do Soja Plus se contrapõe à necessidade de atender à uma medida impositiva das indústrias produtoras de óleo vegetal, que determinaram que não comercializariam nem financiariam a soja produzida em áreas no bioma Amazônia que tivessem sido desmatadas antes de julho de 2006. Por outro lado, as certificações, embora sejam um instrumento para atingir o mercado consumidor internacional mais exigente, geram um ônus ao sojicultor brasileiro em termos financeiros, sem contrapartida imediata na receita e, muitas vezes, não refletem as necessidades e características da produção nacional.

2.5 Discussão

A soja brasileira, a partir de sua excepcional evolução nas últimas três décadas, em termos produtivos e comerciais, suscita crescentes questionamentos relacionados à sustentabilidade. Em particular, a adequação ambiental da sojicultura brasileira no que tange à área cultivada (sua extensão e localização) e ao seu modo de produção (uso de OGM, aplicação intensiva de pesticidas entre outros) é vista como essencial para atender requisitos que têm como origem, primordialmente, o mercado consumidor internacional sensível aos problemas ambientais.

Assim, este setor, que ilustra um promissor agronegócio brasileiro ainda nos próximos anos, está sujeito à depreciação dos produtos no mercado internacional e até mesmo à queda das vendas externas em alguns mercados caso não atenda a requisitos ambientais que, ano a ano, vão se multiplicando. Tais requisitos já estão consolidados na União Europeia, que é a segunda maior compradora de soja do Brasil. Na China, principal destino dos produtos do complexo soja brasileiro, embora ainda não se enfrentem exigências ambientais para a compra dos produtos, a exigência de conformidade com padrões ambientais também deve se tornar uma realidade à medida que aquele país vem adotando internamente uma legislação mais voltada à sustentabilidade produtiva.

Ademais, a tendência de médio e longo prazo é que, pouco a pouco, os requisitos ambientais sejam harmonizados entre os países. Essa crença decorre do fato de que, além da temática ambiental ser pauta dos principais encontros dos organismos internacionais multilaterais, como a ONU e OMC, os maiores produtores de insumos e fornecedores de soja no Brasil operam em escala global, quais sejam Monsanto, Cargill, Louis Dreyfuss e ADM. O problema de resistência a herbicidas ou inseticidas que, atualmente, desponta no cultivo da soja no Brasil vai certamente desencadear efeitos a níveis globais, tendo em vista que o desenvolvimento de variedades transgênicas e de novas moléculas para agroquímicos se dá em uma escala global, mesmo que ajustes locais sejam efetuados. A oferta de diferentes padrões de soja geraria um aumento nos custos para essas empresas transnacionais e, assim, a harmonização dos requisitos ambientais e o ajustamento produtivo aos mesmos passa a ser uma demanda da cadeia de soja não só brasileira mas mundial.

Nesse sentido, é importante não apenas acompanhar as iniciativas e estratégias do setor privado, mas como o setor público intervém no sentido de construir um ambiente regulatório adequado para o enfrentamento dos problemas ambientais e para a promoção das necessárias mudanças na política e no sistema produtivo. O Brasil tem participado ativamente dos debates internacionais acerca da temática ambiental. No âmbito nacional, destacam-se os esforços que levaram à promulgação do Novo Código Florestal, em 2012, prevendo ferramentas capazes de tornar o cumprimento da lei mais viável. O melhor *enforcement* da legislação ambiental, particularmente do Código Florestal e o monitoramento do desmatamento, por si só, deverá contribuir para que a sojicultura nacional (assim como todos os segmentos agropecuários e agroindustriais exportadores) seja vista com menos restrições ambientais pelos compradores dos países desenvolvidos, uma vez que a pressão ambiental sobre a soja se refere fortemente ao desmatamento.

A área registrada no CAR, que atinge quase 100% da área dos estados do Centro-Oeste e do Norte, já indica uma movimentação dos produtores à adequação ambiental e pode ser uma resposta ao escrutínio internacional. O nível de organização e atuação das instituições relacionadas ao setor sojicultor também é determinante.

Mas também no âmbito econômico produtivo, o ajustamento à legislação ambiental pode trazer benefícios diretos ao setor. Seguindo a visão de Porter (1991) e Porter e Linde (1995), a regularização das áreas degradadas pode implicar no uso dos recursos produtivos de forma mais eficiente, como é o caso dos sistemas de produção integrada, cujos modelos podem integrar a lavoura e a pecuária, a lavoura e a floresta, a pecuária e a floresta ou a lavoura, a pecuária e a floresta.

Balbino, Barcellos e Stone (2011) afirmam que os benefícios deste último modelo norteiam os campos tecnológico, socioeconômico e ecológico. Especificamente, há uma melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo devido ao aumento da matéria orgânica, redução dos riscos de erosão, melhoria da qualidade da água, diminuição no uso de agroquímicos, incremento da produção anual de alimentos a menor custo, melhoria da produção agropecuária, entre outros fatores que tornam atrativo o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Ou seja, o ajustamento ambiental, não vai necessariamente criar um *trade-off* com ganhos econômicos, mas pode, sim, ser visto como uma vantagem competitiva no sistema internacional. De forma proativa, pode, inclusive, ser evidenciado à comunidade internacional.

Há ainda outros desafios de cunho ambiental para sojicultora, como a logística. O PIL inclui a modernização e a expansão de trechos que ligam o Centro-Oeste ao Norte e Nordeste do país, com vistas a aumentar o escoamento de grãos pelos portos do Arco Norte. Porém, por um lado, a melhoria da infraestrutura, que hoje é um gargalo para o setor produtivo brasileiro, inclusive a sojicultura, em conjunto com a crescente demanda mundial por proteína, devem contribuir para a expansão do setor sojicultor no Brasil. Por outro, esses trechos passam por áreas ambientalmente sensíveis, como o Cerrado e a Amazônia e, portanto, é necessário que a expansão esteja adequada aos requisitos ambientais a fim de que o setor sojicultor possa suprir a demanda do mercado externo.

Quanto ao uso de herbicidas, especialmente o glifosato, há uma maior conscientização por parte dos produtores dos possíveis efeitos colaterais da aplicação excessiva, uma vez que não só o Programa Soja Plus busca mostrar seus efeitos, mas também as empresas produtoras de herbicidas e os governos federal e estadual. Além disso, os próprios produtores vêem o aumento da incidência de pragas e doenças e de plantas daninhas por conta da menor eficácia do glifosato. As pesquisas de desenvolvimento de novas sementes podem contribuir para uma

redução do uso deste herbicida e, conseqüentemente, dos problemas derivados. As empresas privadas têm centros de pesquisa exclusivos e a EMBRAPA tem grande participação nessa área de estudos. Porém, o uso intensivo do glifosato pode ser um dos maiores desafios para o setor, caso as pesquisas não levem a novos desenvolvimentos e os produtores permaneçam a utilizar o modelo de produção de sucessão de cultura.

É crescente, também, a demanda por produtos orgânicos, sem o uso de agroquímicos. Esta tendência também se verifica no mercado de soja e vem sendo discutida por integrantes da cadeia. O aumento da produção de soja orgânica, além de melhorar a imagem do setor de uma forma geral, é uma alternativa para diversificar a produção e agregar valor ao grão.

Por fim, a atenção às questões ambientais tende a se aprofundar no setor sojicultor no futuro, considerando a pressão mercadológica, que ocorre por parte dos consumidores europeus e tende a atingir o chinês conforme sua renda aumente e a competição com outros países exportadores se intensifique; a pressão de custos, incorporada na oferta de um único padrão de soja, além da pressão decorrente dos efeitos adversos do modelo de produção baseado na sucessão de culturas específicas e no uso intensivo do mesmo herbicida.

2.6 Conclusões

A grande representatividade do complexo soja na pauta de exportação brasileira, seu crescimento substancial em termos de área e quantidade produzida registrado nos últimos anos e sua produção baseada em sementes geneticamente modificadas têm aumentado a preocupação da sociedade civil sobre a sustentabilidade deste setor. Acrescenta-se a essa preocupação o fato de o Brasil ser detentor de uma quantidade elevada de recursos naturais e ambientais, contribuindo com a biodiversidade mundial.

Os maiores investimentos em infraestrutura, sobretudo em logística, visando o aumento e modernização da malha viária, devem contribuir para a competitividade da sojicultura; por outro lado, os mesmos ocorrem dentro ou próximos a áreas ambientalmente sensíveis, como a Floresta Amazônica.

A reação dos agentes da cadeia, do governo e das organizações não governamentais para garantir que a soja seja produzida de forma ambientalmente correta é dada através de diversas iniciativas, as quais este estudo buscou analisar.

No âmbito regulatório, as iniciativas devem estar de acordo com a Lei nº 12.651, sancionada em 2012 e conhecida como o Novo Código Florestal brasileiro. Embora menos rígido com relação à lei anterior, o cumprimento deste Código é mais factível, uma vez que uma série de ferramentas foram propostas buscando viabilizar sua implementação. Para o setor

sojicultor, a adequação ambiental é desafiadora, uma vez que certamente haverá aumento dos custos, mas que podem ser menores comparados ao aumento da receita decorrente do uso dos recursos produtivos de forma mais eficiente.

Antes mesmo da aprovação do Novo Código Florestal, a ABIOVE e a ANEC já haviam se comprometido a não comercializar nem financiar a soja produzida em áreas que foram desmatadas no bioma Amazônia após o mês de julho de 2006, sendo esta data alterada para julho de 2008, em alinhamento com a legislação ambiental. Esta medida, conhecida como Moratória da Soja, não conseguiu diminuir a ocupação da soja em áreas desflorestadas no bioma Amazônia dos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. Contudo, seu avanço foi muito pequeno, principalmente quando comparado ao que ocorreu nas áreas não abrangidas pela Moratória, como é o caso do cerrado mato-grossense e de MATOPIBA. Portanto, a Moratória é importante porque pode evitar um crescimento ainda maior do desmatamento.

Neste contexto, a inclusão do bioma Cerrado na Moratória poderia evitar a conversão da vegetação nativa restante e incentivar a recomposição de áreas já degradadas, ideia compartilhada por Gibbs et al. (2015).

Uma outra iniciativa do setor foi o desenvolvimento do programa Soja Plus, que contribui para preencher a lacuna do governo brasileiro quanto à extensão rural e aborda temas de relevância tão grande quanto a conversão de vegetação, como o uso responsável de herbicidas. Por não apresentar custo para o produtor, a adesão ao Soja Plus é crescente, sendo maior que outros esquemas de certificação, como o RTRS. Sua vantagem decorre do incentivo à capacitação do produtor, enquanto que a Moratória da Soja e o Código Florestal, por exemplo, são medidas impositivas, as quais embora tragam benefícios ao meio ambiente, não deixam claro ao produtor a vantagem de obedecê-las.

Portanto, o conjunto de iniciativas realizadas pelos agentes da cadeia, governo ou organizações não governamentais tende a se complementar, contribuindo para uma maior efetividade da proteção ao meio ambiente. A adequação ambiental do setor sojicultor, mesmo que realizada lentamente, é importante à medida que a demanda por soja produzida de forma ambientalmente correta deve aumentar no futuro, principalmente, se a China, a maior compradora do grão, impuser alguma restrição neste sentido. Outros fatores contribuem para que esta adequação ocorra, inclusive evidenciando para o produtor as vantagens econômicas da adoção de práticas sustentáveis, sobretudo o aumento da incidência de plantas daninhas por conta da menor eficácia do glifosato.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEO VEGETAL (ABIOVE). Disponível: <http://www.abiove.org.br/>. Acesso em: 03 jul. 2015.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. De O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: EMBRAPA, 2011. 130 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BACEN). **Sistema Gerenciador de Séries Temporais**. Disponível: <https://www3.bcb.gov.br/sgspub>. Acesso em: 25 jun. 2015.

BAUMOL, W. OATES, W. E. **The theory of environmental policy: externalities, public outlays and the quality of life**. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1975. 221 p.

BRASIL. Lei complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996. Dispõe sobre o imposto dos Estados e do Distrito Federal sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, e dá outras providências (Lei Kandir). **Diário Oficial**, Brasília, 16 set. 1996.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial**, Brasília, 28 mai. 2012.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **Indicadores de preços**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/>. Acesso: 23 jun. 2015.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S. O.; MATALLO, M. B. SPADOTTO, C. A. Review of potential environmental impacts of transgenic glyphosate-resistant soybean in Brazil, **Journal of Environmental Science and Health Part B**, [s.l.], v. 42, n. 5, p. 539-549, 2007.

CHICAGO BOARD OF TRADE (CBOT). **Data**. Disponível: <http://www.cmegroup.com>. Acesso em: 25 jun. 2015.

CHINA BANKING REGULATORY COMMISSION (CBRC). **Notice of the CBRC on Issuing the Green Credit Guidelines**. CBRC, Beijing, 24 fev. 2012

COLE, M. A. Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. **Ecological economics**, v. 48, n. 1, p. 71-81, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Safras. **Séries históricas**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso: 20 jun. 2015.

DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest management science**, [s.l.], v. 64, n. 4, p. 319-325, 2008.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **The Clean Air Act in a Nutshell: How It Works**. [s.l.], 2013. 23p.

EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. **Official Journal of the European Union**, Strasbourg, 23 Ap. 2009.

FEIX, R. D.; MIRANDA, S. H. G. de; BARROS, G. S. De C. Comércio internacional, agricultura e meio ambiente: teorias, evidências e controvérsias empíricas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 3, p. 605-634, 2010.

FISHER, B.; BALMFORD, A.; FERRARO, P. J.; GLEW, L.; MASCIA, M.; NAIDOO, R.; RICKETTS, T. H. Moving Rio forward and avoiding 10 more years with little evidence for effective conservation policy. **Conservation Biology**, v. 28, n. 3, p. 880-882, 2013.

FRANKEL, J. A.; ROSE, A. K. Is trade good or bad for the environment? Sorting out the causality. **Review of economics and statistics**, v. 87, n. 1, p. 85-91, 2005.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Indicadores de preços**. Disponível: <http://portalibre.fgv.br/>. Acesso em: 05 ago. 2015.

GENERAL AGREEMENT ON TARIFFS AND TRADE (GATT). **Industrial Pollution Control and International Trade**. Geneva: GATT, 1971. 23 p.

GIBBS, H. K.; RAUSCH, L.; MUNGER, J.; SCHELLY, I.; MORTON, D. C.; NOOJIPADY, P.; SOARES-FILHO, B.; BARRETO, P.; MICOL, L.; WALKER, N. F. Brazil's Soy Moratorium: Supply-chain governance is needed to avoid deforestation. **Science**, Washington, DC, v. 347, n. 6220, p. 377-378, 2015.

GREENPEACE. **Eating up the Amazon**. Amsterdam: Greenpeace International, 2006. 64 p.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Economic growth and the environment**. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, 1994. Working Paper 4634.

INFORMA ECONOMICS FNP. **Agrianual online**. Disponível em: www.agrianual.com.br. Acesso: 02 jul. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. 2015a. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso: 25 jun. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geociências**. 2015b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso: 25 jun. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite - PMDBBS. Disponível em: http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass/PMDBBS%20-%20CERRADO.html. Acesso em: 07 jun. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Projeto PRODES**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>. Acesso: 22 jun. 2015.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS (ISAAA). **Biotech Crop. Annual Updates. Soybean**. Disponível em: www.isaaa.org. Acesso: 12 fev. 2016.

MARKLEY, B. **Argentina**: Oilseeds and Products Annual. Washington: USDA Foreign Agriculture Service, 2014. 16 p. Global Agricultural Information Network Report.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS (MDIC). **Balança comercial brasileira**: Mensal. Disponível: <http://www.mdic.gov.br/>. Acesso em: 06 jun. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Biodiversidade**. Disponível: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 28 out. 2015.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Programa de Investimento em Logística**. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br>. Acesso: 05 jul. 2015.

MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. de. **Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA**. Campinas, SP: EMBRAPA, 2014. 18 p. Nota técnica.

NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; ALENCAR, A.; BARROS, A. C.; CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; DIAZ, M. D. C. V. Frontier governance in Amazonia. **Science**, v. 295, n. 5555, p. 629-631, 2002.

PACHECO, P. Agrarian reform in the Brazilian Amazon: its implications for land distribution and deforestation. **World development**, v. 37, n. 8, p. 1337-1347, 2009.

PETHIG, R. Pollution, welfare and environmental policy in the theory of comparative advantage. **Journal of Environmental Economics and Management**, [s.l.], v.2, n. 3, p.160-169, 1976.

PORTER, M. E. America's green strategy. **Scientific American**, [s.l.], v. 264, p. 264-168, 1991.

PORTER, M. E.; LINDE, C. van der. Green and competitive: ending the stalemate. **Harvard Business Review**, Water Town, MA, v. 73, n. 5, p. 120-134, 1995.

QUEIROZ, F. A. de. Meio ambiente e comércio na agenda internacional: a questão ambiental nas negociações da OMC e dos blocos econômicos regionais. **Ambiente & sociedade**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 125-146, 2005.

ROUND TABLE ON RESPONSIBLE SOY (RTRS). **Certify Production**. Disponível: <http://www.responsiblesoy.org/>. Acesso em: 23 ago. 2015.

RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; AGUIAR, D. A.; MOREIRA, M. A.; MELLO, M. P.; FABIANI, L.; AMARAL, D. F.; PIRES, B. M. The soy moratorium in the Amazon biome monitored by remote sensing images. **Remote Sensing**, v. 3, n. 1, p. 185-202, 2011.

SCHNEPF, R. D.; DOHLMAN, E. N.; BOLLING, H. C. **Agriculture in Brazil and Argentina**: Developments and prospects for major field crops. Washington, DC: Economic Research Service, USDA, 2001. WRS-01-3. 85p.

SECRETARIA DE PORTOS. **Terminais de Uso Privado**. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/investimentos/terminais-de-uso-privado>. Acesso em: 07 jul. 2016.

SELDEN, T. M.; SONG, D. Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? **Journal of Environmental Economics and management**, v. 27, n. 2, p. 147-162, 1994.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro ambiental rural: boletim informativo**. Brasília, 2016. 38 p.

SIEBERT, H. Environmental Quality and the Gains from Trade. **Kyklos**, [s.l.], v. 30, n. 4, p. 657-673, 1977.

SOARES-FILHO, B. S.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, Washington, DC, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

UNITED NATIONS (ONU). 1992. United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. **AGENDA 21**. Disponível: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2016.

UNITED NATIONS (ONU). **Paris Agreement**. 2015. Disponível: http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf. Acesso em: 29 mai. 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Foreign Agriculture Service. Data & Analysis. **Production, Supply and Distribution**. Disponível em: www.fas.usda.gov. Acesso: 19 jun. 2015.

VILA- AIUB, M. M.; VIDAL, R. A.; BALBI, M. C.; GUNDEL, P. E.; TRUCCO, F.; GHERSA, C. M. Glyphosate- resistant weeds of South American cropping systems: an overview. **Pest management science**, v. 64, n. 4, p. 366-371, 2008.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. Oxford, OXF: Oxford University Press, 1987.

WORLD INTEGRATED TRADE SOLUTION (WITS). UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE (UNCOMTRADE). **Trade Data**. Disponível: <http://wits.worldbank.org/>. Acesso em: 07 jul. 2015.

WORLD TRADE ORGANIZATION (OMC). **Trade and Environment at the WTO**. 2004. Disponível em: https://www.wto.org/english/tratop_e/envir_e/envir_wto2004_e.pdf. Acesso: 30 jun. 2015

YOU, M. Changes and challenges of the 2014 revised environmental protection law in the context of China's five fundamental transitions. **Hong Kong Law Journal**, Hong Kong, v. 45, n. 2, p. 621-650, 2015.

3 IMPACTO DOS REQUISITOS AMBIENTAIS NO COMÉRCIO INTERNACIONAL DE SOJA: UMA APLICAÇÃO DO MODELO GRAVITACIONAL

Resumo

O objetivo deste estudo é discutir e avaliar o impacto de requisitos ambientais nas exportações mundiais do complexo soja. Para tanto, adota-se como referencial teórico o modelo gravitacional, que foi estimado para o período de 1993 a 2014, tendo como variável dependente as exportações de soja em grão, farelo e óleo de soja dos três maiores exportadores do complexo soja, Brasil, Estados Unidos e Argentina. Além das variáveis básicas do modelo, PIB do país exportador, PIB do país importador, distância, língua e fronteira, inclui-se uma variável binária para os países pertencentes à União Europeia e uma variável *proxy* para requisitos ambientais que podem afetar positiva ou negativamente o comércio. A variável *proxy* é a razão de *decoupling* da cultura de soja, cujo numerador são as emissões de gás efeito estufa em gigagramas equivalentes de CO₂ e denominador, a quantidade produzida de soja. As emissões de gás efeito estufa é uma estimativa do óxido nitroso, N₂O, decorrente da decomposição do nitrogênio nos resíduos gerados nos solos cultivados com soja. Assume-se que essa *proxy* pode ser utilizada para representar as restrições ambientais tendo em vista que o melhor desempenho ambiental deve estar atrelado à internalização de requisitos internacionais. Os resultados da equação gravitacional indicam que uma redução marginal da razão de *decoupling* nos países exportadores leva a um incremento médio de 0,97% nas exportações do complexo soja. A relação estatística inversa entre a razão de *decoupling* e as exportações do complexo soja comprova a tese de Porter e Linde de que é possível produzir de forma ambientalmente correta e aumentar a competitividade no mercado internacional.

Palavras-chave: Exportações; Dados em painel; PPML; *Decoupling*

Abstract

The aim of this study is to discuss and evaluate the impact of environmental requirements in global soybean complex. Therefore, the bilateral trade is modeled according to the gravity equation and it is estimated for the period from 1993 to 2014, having as dependent variable the soybean, soybean meal and oil exports of the three largest exporters of soybean complex, in value, Brazil, the United States and Argentina. In addition to the basic variables of the model, GDP of the exporting country, GDP of the importing country, distance, language and border, we include a binary variable for the countries of the European Union and a proxy variable for environmental requirements that may affect trade positively or negatively. The proxy variable is the decoupling ratio of soybean, whose numerator are the greenhouse gas emissions in gigagrams of CO₂ equivalent and the denominator, the produced amount of soy. The greenhouse gas emissions are an estimate of nitrous oxide, N₂O, resulting from the nitrogen decomposition in wastes generated in soybean cultivated soils. It is assumed that the proxy can be used to represent environmental restrictions taking into consideration that the better environmental performance should be linked to the internalization of international requirements. The results of the gravity equation indicate that a marginal reduction in the decoupling ratio in exporting countries leads to an average increase of 0.97% in exports of the soy complex. The negative relation found between the decoupling ratio and the soy complex exports proves the Porter and Linde thesis that it is possible to produce in an environmentally friendly way and increase competitiveness in the international market.

Keyword: Exports; Panel data; PPML; *Decoupling*

3.1 Introdução

Em 2015, o Brasil foi o maior exportador mundial do complexo soja, composto pela soja em grão, farelo e óleo de soja, segundo definição da Agrostat, sistema de estatísticas do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (MAPA). A área ocupada pelo grão vem aumentando ano a ano, acompanhada da expansão de outras culturas que podem ser produzidas em consórcio com a soja, como é o caso do milho, algodão e arroz, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015).

O maior cultivo de soja no Brasil tem levado ao questionamento da sociedade civil quanto à localização da área ocupada, principalmente no que tange a seu cultivo em áreas com alto valor ambiental, o que, por sua vez, se relaciona com o problema do desmatamento e da queimada. Além disso, Barona et al. (2010) argumentam que o aumento da produção de soja no Mato Grosso pode ter levado ao deslocamento da pecuária para o norte do país, provocando desmatamento. Outro ponto, comentado por Rudorff et al. (2011), é que, embora a área de floresta queimada possa ser usada, inicialmente, para a criação de gado ou a produção de arroz, eventualmente, após a limpeza completa da área, passa-se a produzir soja. Portanto, a sojicultura tem sido associada ao desmatamento e à queimada, mesmo que estes tenham sido causados pela expansão da pecuária ou de outras culturas.

Questiona-se, também, o uso de sementes geneticamente modificadas tolerantes a herbicidas, cuja aplicação intensiva pode promover a resistência das plantas daninhas, conforme uma seleção ou evolução natural. Para controlar o crescimento dessas plantas, o produtor pode aumentar a dose de herbicida, liberando mais agroquímico no solo, na água e no ar, além de arar com mais frequência, contribuindo para a erosão do solo (CERDEIRA et al., 2007).

Diante deste cenário, diversas iniciativas têm sido realizadas para promover a produção sustentável da soja no Brasil, sobretudo com relação à área produtiva, não só buscando a adequação da produção, mas a comprovação de seu ajustamento. Desse modo, o setor busca demonstrar para os importadores e outros agentes da sociedade a conformidade da sojicultura aos princípios da sustentabilidade.

No que tange à localização das propriedades produtoras de soja e da preservação da vegetação nativa, pela Lei nº 12.651 do Código Florestal, toda propriedade rural deve ter no mínimo 80% de reserva legal se localizada no bioma Amazônia, 35% no Cerrado situado na Amazônia Legal e 20% nas demais regiões do país (BRASIL, 2012). Qualquer certificação ambiental ou de sustentabilidade passa, segura e inicialmente, pela observância da legislação ambiental, de modo que as iniciativas privadas para certificação de soja não são diferentes.

A certificação voluntária, em geral, adiciona outros requisitos àqueles associados ao cumprimento da legislação social e ambiental. Na Moratória da Soja, a título de ilustração, a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) e a Associação Brasileira dos Exportadores de Cereais (ANEC) acordaram em não comercializar e nem financiar o cultivo de soja proveniente de áreas desmatadas depois de 24 de julho de 2006 no bioma Amazônia, impondo ao sojicultor uma restrição adicional em termos de localização do cultivo.

Por outro lado, importantes países no mercado internacional de soja, como Estados Unidos e Argentina, não se deparam com as mesmas restrições, uma vez que a área florestal é relativamente pequena, com escassas parcelas de vegetação nativa, e que não suscitam questionamento de consumidores e ONGs de países importadores. Em 1990, a área florestal⁸ da Argentina correspondia a 13% da área total do país⁹, tendo reduzido para 11% em 2010. Nos Estados Unidos, a área florestal era de 32% em 1990 e de 33% em 2010. Já no Brasil, a área florestal caiu de 69%, em 1990, para 62% em 2010 (WORLD BANK, 2015). Esses dados mostram que a cobertura vegetal do Brasil não só é mais expressiva, como também apresentou a maior queda em 20 anos.

As exigências ambientais impostas sobre o setor sojicultor nacional por importadores ou mesmo por segmentos do mercado nacional podem alterar a vantagem comparativa dos exportadores em termos de custo de produção, o que, por sua vez, pode levar a novos padrões de comércio. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é discutir os requisitos ambientais que atualmente incidem sobre as exportações do complexo soja e avaliar seu impacto. Para tanto, o comércio do complexo soja é representado pelo modelo gravitacional, amplamente utilizado em análises de comércio internacional.

A seção 3.2 está dividida em duas partes, na primeira delas, discute-se a fundamentação teórica do modelo gravitacional para representação de fluxos de comércio bilateral, buscando dar ênfase ao seu desenvolvimento a partir de um modelo de equilíbrio geral, embora a equação gravitacional também tenha tido uma formalização determinista e probabilística, respectivamente apresentadas por Niedercorn e Moorehead (1974) e Savage e Deutsch (1960), como explicam Bergstrand e Egger (2011). Na segunda parte, alguns estudos empíricos sobre o modelo gravitacional são revisados, sobretudo, os mais recentes. As seções seguintes tratam

⁸ A área florestal é a área sob árvores naturais ou plantadas de, pelo menos, 5 metros *in situ*, sejam produtivas ou não, e exclui árvores em sistemas produtivos agrícolas (por exemplo, em plantação de frutas ou sistema agroflorestal) e árvores em parques urbanos e jardins (World Bank, 2016).

⁹ Na área total do país, não estão incluídos a área sob massas de água interiores, reivindicações nacionais de plataformas continentais e zonas econômicas exclusivas.

da metodologia empregada (seção 3.3), dos resultados obtidos na estimação do modelo (seção 3.4) e das conclusões deste estudo (seção 3.5).

3.2 Modelo gravitacional

O modelo gravitacional tem sido muito utilizado para verificar empiricamente as interações econômicas relacionadas ao fluxo de bens entre diferentes países. Seu nome deriva da lei de gravitação universal da física, proposta por Newton, pela qual a força de atração entre dois corpos depende proporcionalmente de suas massas e, inversamente, da distância entre eles.

Embora os principais estudos tenham como foco a análise de fluxos de comércio, o modelo gravitacional também dá suporte para análises dos padrões dos fluxos de migração, turismo, investimentos estrangeiros diretos, capital próprio, entre outros.

Inicialmente, na década de 60, o uso frequente do modelo gravitacional decorria do bom ajustamento dos dados, que geravam coeficientes passíveis de interpretação econômica. No entanto, o modelo era criticado por não ter uma fundamentação teórica e, assim, diversos autores passaram a buscar explicar sua origem na teoria econômica. Já no final dos anos 70, Anderson (1979) conseguiu vincular o modelo à teoria microeconômica e, desde então, diversos outros trabalhos, como os de Bergstrand (1985) e Anderson e Van Wincoop (2003, 2004), avançaram sobre o arcabouço teórico, como apresentado nas seções seguintes.

3.2.1 Fundamentação teórica do modelo gravitacional

Tinbergen (1962) realizou os primeiros estudos analisando fluxos de comércio baseados na equação gravitacional. O autor sugeriu a eq. (1) para ser estimada, que além de considerar a renda e a distância entre os países, também inclui variáveis *dummies* para representar os países fronteiriços e pertencentes a acordos comerciais comuns.

$$X_{ij} = \alpha_0 Y_i^{\alpha_1} Y_j^{\alpha_2} D_{ij}^{\alpha_3} B_{ij}^{\alpha_4} \quad (1)$$

Onde X_{ij} é o valor exportado do produto do país i para o país j ; Y_i (Y_j) é a renda do país i (j); D_{ij} corresponde à distância do país i para o país j ; e, B_{ij} são as *dummies* no formato de variáveis binárias. Esse autor, assim como Pöyhönen (1963), cujo modelo estimado foi bastante semelhante, adotaram apenas uma justificativa intuitiva para a equação.

Linnemann (1966), por sua vez, adicionou mais variáveis à eq. (1) e buscou fundamentar teoricamente o modelo gravitacional a partir de um modelo de equilíbrio geral quasi-Walrasiano, uma vez que ele não acreditava que a teoria das vantagens comparativas contribuía para o entendimento do tamanho do fluxo de comércio. O modelo inicial baseou-se na interação

da demanda potencial com a oferta potencial de três bens comercializáveis de três países, supondo que cada país produzia apenas um bem. A demanda tem como variáveis independentes a renda do país importador, a população do país importador, os preços dos três produtos e o custo de transporte desses bens não produzidos no país importador. As variáveis independentes da equação da oferta são, por sua vez, a renda e o preço do bem produzido no país importador.

As importações devem aumentar conforme a renda dos países envolvidos na transação aumenta, no entanto, à medida que os países crescem em termos de mercado, eles tendem a se tornar autossuficientes. Desta forma, Linnemann incluiu a população para contrabalancear o impacto positivo da renda. O sistema é resolvido ao assumir que o preço do produto importado é endógeno e que os preços dos demais bens acompanham o nível de preço mundial devido à arbitragem e à perfeita substituição dos produtos.

Linnemann estendeu seu modelo para o caso de n países e sugeriu a estimação da eq. (2) com algumas modificações, e na qual o custo de transporte corresponde à distância e a outros fatores de resistência ao comércio, como, por exemplo, tarifas. A formação de blocos econômicos e de outros fatores que contribuem para o comércio entre dois países são capturadas pela inclusão de uma variável binária.

$$X_{ij} = \beta_0 Y_i^{\beta_1} Y_j^{\beta_2} Pop_i^{\beta_3} Pop_j^{\beta_4} D_{ij}^{\beta_5} B_{ij}^{\beta_6} \quad (2)$$

Onde, X_{ij} é a exportação do produto do país i para o país j ; Y_i (Y_j) é a renda do país i (j); Pop_i (Pop_j) é a população do país i (j), D_{ij} corresponde à distância do país i para o país j ; e B_{ij} representa as variáveis *dummies*.

Bergstrand e Egger (2011) afirmam que a fundamentação teórica proposta por Linnemann não explica a forma multiplicativa da equação gravitacional e não justifica, com base na teoria microeconômica, a inclusão da renda e da população. No caso da população, é possível que seu aumento cause um impacto positivo no fluxo de comércio, uma vez que uma maior população tende a demandar uma quantidade maior de produto. No entanto, Linnemann não esclarece se os efeitos positivos e negativos do tamanho de um país podem ser isolados.

A fundamentação teórica da equação gravitacional avançou significativamente a partir do estudo de Anderson (1979), que apresenta uma explicação para a forma multiplicativa da equação, permite a interpretação da variável distância e justifica a estrutura idêntica entre os países por meio das funções de gasto idênticas. Baier e Bergstrand (2007) consideram que os estudos realizados anteriormente ao de Anderson (1979) sugeriam fundamentações teóricas informais. Bergstrand e Egger (2011), ao explicarem sobre o desenvolvimento da equação,

subdividem a história em períodos, destacando-se o de 1962 a 1979 e o de 1979 até o presente. A fundamentação teórica do modelo gravitacional baseada nos modelos de equilíbrio geral permitiu que seus resultados passassem a ser utilizados para fins de análise de políticas.

As pressuposições do modelo de acordo com o trabalho de Anderson são: 1) cada país especializa-se completamente na produção de um único bem; 2) as preferências são homotéticas e idênticas entre todos os países; e 3) não há fricção no comércio, ou seja, os custos de transporte, tarifas, ou qualquer outra ferramenta distorciva são iguais a zero. Como os preços são constantes quando o mercado está em equilíbrio, seus valores são normalizados à unidade.

Anderson derivou a equação gravitacional para um sistema de gastos puro, em que os países produzem apenas bens comercializáveis e para um sistema de gastos misto, onde há bens comercializáveis e não comercializáveis. Partindo da primeira proposta, o valor exportado do país i para o país j depende da fração da renda em j gasta com o bem do país i , ou seja b_i , conforme a seguinte equação:

$$X_{ij} = b_i Y_j \quad (3)$$

Como a produção do país i deve igualar-se ao consumo e às exportações, tem-se:

$$Y_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} = b_i \sum_{j=1}^n Y_j \quad (4)$$

Da eq. (3) resulta:

$$b_i = \frac{Y_i}{\sum_{j=1}^n Y_j} \quad (5)$$

Substituindo b_i na eq. (3), tem-se a eq. (6), que consiste na equação gravitacional em uma situação de comércio sem fricção:

$$X_{ij} = \frac{Y_i Y_j}{\sum_{j=1}^n Y_j} \quad (6)$$

Na segunda proposta, Anderson adicionou à eq. (3) uma variável que corresponde à proporção do gasto total de j com todos os comercializáveis, ϕ_j . No entanto, a renda gasta com o bem comercializável do país i dividida pelo gasto total em comercializáveis do país j , denominada ϑ_i , é a mesma para os demais países, enquanto que a proporção do gasto com todos os comercializáveis varia entre os países e é explicada pela renda e pela população. O valor exportado do bem comercializável i para o país j é:

$$X_{ij} = \vartheta_i \phi_j Y_j \quad (7)$$

O balanço de comércio para o país i é composto pelo produto do país i , Y_i , multiplicado pela proporção do gasto total de i com todos os comercializáveis, ϕ_i . Anderson também adiciona a influência das transações da conta de capital de longo prazo, m_i , que depende da renda e da população. O produto dessas três variáveis se iguala às exportações do bem comercializável do país i para todos os países:

$$Y_i \phi_i m_i = \vartheta_i \sum_{j=1}^n \phi_j Y_j \quad (8)$$

Resolvendo o sistema da mesma forma que no sistema de gastos puro, a equação gravitacional para o sistema de gastos misto é:

$$X_{ij} = \frac{m_i \phi_i Y_i \phi_j Y_j}{\sum_{j=1}^n \phi_j Y_j} \quad (9)$$

A fim de se ater à realidade do mercado internacional, Anderson propôs a equação seguinte relaxando a terceira pressuposição de que não há fricção no comércio. Neste caso, a distância foi considerada o único custo de comércio.

$$X_{ij} = \frac{m_i \phi_i Y_i \phi_j Y_j}{\sum_{j=1}^n \phi_j Y_j} \times \frac{1}{f(d_{ij})} \times \left[\sum_{j=1}^n \frac{\phi_j Y_j}{\sum_{j=1}^n \phi_j Y_j} \frac{1}{f(d_{ij})} \right]^{-1} \quad (10)$$

Onde $f(d_{ij})$ é o custo de comércio em função da distância do país i para o país j , com $f(0) = 1$ e $f' > 0$.

De acordo com Bergstrand e Egger (2011), a fundamentação de Anderson é limitada, uma vez que a equação gravitacional não é derivada de uma função de utilidade de elasticidade de substituição constante¹⁰, a qual permite que a elasticidade de substituição entre bens importados difira da elasticidade entre bens domésticos e importados. Além disso, Anderson pressupôs que todos os preços são iguais a um, não sendo necessário incluí-los na equação; no entanto, os preços tendem a ser diferentes entre os produtores diante de custos de comércio assimétricos.

Essas duas críticas à fundamentação proposta por Anderson (1979) foram tratadas no trabalho de Bergstrand (1985). A evidência de que os produtos se diferenciam entre os países levou esse autor a formular uma equação gravitacional baseada na função de elasticidade de substituição constante, incluindo os preços como variável explicativa.

¹⁰ Anderson (1979), inicialmente, assumiu que as preferências seguem o formato de uma função Cobb-Douglas, mas, no anexo do artigo, desenvolveu a equação gravitacional considerando o formato de uma função de elasticidade de substituição constante para as preferências.

Ao maximizar a função utilidade com elasticidade de substituição constante sujeita à renda, tem-se a equação de demanda por importação agregada entre o país i e j , expressa por Bergstrand (1985) como:

$$X_{ij}^D = Y_j \overline{P}_{ij}^{-\sigma_j} \times \left[\left(\sum_{k=1}^N \overline{P}_{kj}^{1-\sigma_j} \right)^{\frac{1}{1-\sigma_j}} \right]^{\sigma_j - \mu_j} \times \left\{ \left[\left(\sum_{k=1}^N \overline{P}_{kj}^{1-\sigma_j} \right)^{\frac{1}{1-\sigma_j}} \right]^{1-\mu_j} + P_{jj}^{1-\mu_j} \right\}^{-1} \quad (11)$$

Onde $i, j = 1, \dots, N$ ($i \neq j$) e $k = 1, \dots, N$ ($k \neq j$)

E μ_j é a elasticidade de substituição entre os bens importados e domésticos no país j ; σ_j é a elasticidade de substituição entre os bens importados no país j ; $\overline{P}_{kj} = P_{kj} T_{kj} C_{kj} / E_{ij}$, onde P_{kj} é o preço corrente do produto k vendido no mercado j , T_{kj} ($T_{jj} = 1$) é um mais a tarifa de k cobrada pelo país j , C_{kj} ($C_{jj} = 1$) é o custo de transporte para enviar k para j e E_{ij} ($E_{jj} = 1$) é a taxa de câmbio da moeda de j em termos da moeda de i e, $\overline{P}_{jj} = P_{jj}$ refere-se ao preço do bem produzido domesticamente.

A equação da demanda doméstica é similar à eq. (11), exceto pelo fato de que naquela $\overline{P}_{ij}$ é substituído pelo preço doméstico e não há o primeiro termo entre colchetes.

A equação de oferta de exportação agregada é obtida a partir da maximização da função lucro, seguindo a notação de Bergstrand (1985):

$$X_{ij}^S = Y_i P_{ij}^{\gamma_i} \times \left[\left(\sum_{k=1}^N P_{ik}^{1+\gamma_i} \right)^{\frac{1}{1+\gamma_i}} \right]^{-(\gamma_i - \eta_i)} \times \left\{ \left[\left(\sum_{k=1}^N P_{ik}^{1+\gamma_i} \right)^{\frac{1}{1+\gamma_i}} \right]^{1+\eta_i} + P_{ii}^{1-\eta_i} \right\}^{-1} \quad (12)$$

Onde $i, j = 1, \dots, N$ ($i \neq j$) e $k = 1, \dots, N$ ($k \neq i$). A elasticidade de transformação entre a produção destinada ao mercado doméstico e ao internacional é η_i e a elasticidade de transformação entre os bens exportados é γ_i .

No equilíbrio, tem-se:

$$X_{ij} = X_{ij}^D = X_{ij}^S \quad (13)$$

Bergstrand assumiu que o fluxo de comércio agregado do país i para o país j é pequeno com relação aos demais mercados bilaterais, isso implica que variações nas exportações do país i para o j e no preço do produto do país i não afetam a renda e os preços no mercado doméstico i e no importador j . Essa pressuposição garante que as rendas de i e j sejam tratadas exogenamente.

Para que os parâmetros μ_j , σ_j , η_i e γ_i sejam constantes, Bergstrand considerou que as funções de produção e utilidade são idênticas entre os pares de países.

A partir dessas pressuposições, a equação gravitacional de Bergstrand (1985) é dada por:

$$\begin{aligned} X_{ij} = & Y_i^{\frac{\sigma-1}{\gamma+\sigma}} Y_j^{\frac{\gamma+1}{\gamma+\sigma}} C_{ij}^{\frac{-\sigma(\gamma+1)}{(\gamma+\sigma)}} T_{ij}^{\frac{-\sigma(\gamma+1)}{(\gamma+\sigma)}} E_{ij}^{\frac{\sigma(\gamma+1)}{(\gamma+\sigma)}} \times \left(\sum_{k=1}^N P_{ik}^{1+\gamma} \right)^{\frac{-(\sigma-1)(\gamma-\eta)}{(1+\gamma)(\gamma+\sigma)}} \\ & \times \left(\sum_{k=1}^N P_{kj}^{1-\sigma} \right)^{\frac{(\gamma+1)(\sigma-\mu)}{(1-\sigma)(\gamma+\sigma)}} \\ & \times \left[\left(\sum_{k=1}^N P_{ik}^{1+\gamma} \right)^{\frac{(1+\eta)}{(1+\gamma)}} + P_{ii}^{1+\eta} \right]^{\frac{-(\sigma-1)}{(\gamma+\sigma)}} \\ & \times \left[\left(\sum_{k=1}^N P_{kj}^{1-\sigma} \right)^{\frac{(1-\mu)}{(1-\sigma)}} + P_{jj}^{1-\mu} \right]^{\frac{-(\gamma+1)}{(\gamma+\sigma)}} \end{aligned} \quad (14)$$

Anderson (1979) e Bergstrand (1985) partiram de um modelo de equilíbrio geral condicional para fundamentar microeconomicamente a equação gravitacional. A condicionalidade do modelo implica que as decisões de produção e consumo são separadas das decisões de alocação dos bens além das fronteiras nacionais. Para Anderson (2010), isso significa que os bens ou regiões podem ser desagregados em qualquer escala e permite inferir sobre os custos de comércio de uma forma mais simplificada, sem a necessidade de saber as funções de produção ou a estrutura de mercado.

Por outro lado, o modelo de equilíbrio geral incondicional trata da influência da tecnologia e da estrutura do mercado nas decisões. Nesta linha, Krugman (1979), embora não

tendo derivado a equação gravitacional, explicou as diferenças no fluxo de comércio ao assumir a existência de economias de escala internas às firmas¹¹ no modelo de concorrência monopolística, arcabouço posteriormente testado por Helpman (1987).

Especificamente, o modelo de concorrência monopolística é útil para explicar o fluxo de comércio intra-indústria, que é o comércio de produtos ligeiramente diferenciados entre si que pertencem à mesma classe de bens. Além disso, reflete com mais precisão o comércio entre países que apresentam as mesmas necessidades e estágios de desenvolvimento econômico comparáveis.

Krugman (1979) mostrou que o comércio tende a ocorrer mesmo que as preferências sejam idênticas e que não haja diferenças de tecnologia. Para isso, considerou que um país produz n bens, há apenas um fator de produção na economia, qual seja o trabalho, e que a renda nacional depende apenas do salário multiplicado pelo tamanho da população. Desta forma, um aumento da força de trabalho leva ao aumento da quantidade de bens produzidos, o que, por sua vez, reflete em uma queda dos preços dos produtos e, conseqüentemente, um aumento do salário real, gerando maior bem-estar.

O fluxo de comércio tende a aumentar no caso de uma economia aberta formada por dois países, supondo que não haja custos de transportes e que os salários sejam iguais entre os países devido à utilização da mesma tecnologia de produção e, portanto, os preços são iguais também. Isto porque o maior mercado consumidor, composto pela população dos dois países, apresenta o mesmo efeito do aumento da força de trabalho em único país, ou seja, há um crescimento na quantidade de bens produzidos que são consumidos proporcionalmente à renda de cada um dos dois países. O aumento das importações também pode se dar devido à existência de economias de escala, uma vez que a expectativa é de que os países se especializem em alguns bens e comercializem-nos com outros países, levando a um aumento do salário real e da renda nacional.

A equação gravitacional também foi derivada a partir de uma estrutura de concorrência perfeita no mercado. Deardorff (1998) desenvolveu-a com base no modelo Heckscher-Ohlin, que assume que os países tendem a exportar os bens que fazem uso intensivo dos fatores de produção abundantes em seus territórios, considerando que os preços dos bens finais e dos insumos são dados. Em uma primeira situação, Deardorff considera que produtores e consumidores são indiferentes a qual parceiro comercial escolher, uma vez que os produtos são

¹¹Krugman (1979) refere-se a economias de escala como retornos crescentes. Krugman, Obstfeld, Melitz (2012) também utilizam tais termos indistintamente e definem economias de escala internas quando o custo por unidade de produto depende do tamanho da firma individual e não necessariamente do tamanho da indústria.

homogêneos e não há barreiras ao comércio. Disso resulta que os preços são iguais entre os bens produzidos por diferentes países. Se as preferências são idênticas e homogêneas, o que leva os países a gastarem a mesma fração de renda em determinado bem, a equação gravitacional implica que o fluxo de comércio do país i para o j é proporcional à renda desses países e inversamente proporcional à renda mundial, como expresso na seguinte equação:

$$X_{ij} = \frac{Y_i Y_j}{Y^w} \quad (15)$$

Considerando que as preferências são aleatórias, os países gastam frações diferentes da renda para cada bem. Nesta situação, se o país i tende a produzir em excesso o que o país j consome em excesso, então as exportações do país i para o j são maiores que as exportações médias. Por outro lado, se o país i tende a produzir uma quantidade menor do que o país j consome, então as exportações de i para j são menores que as exportações médias.

Na segunda situação, Deardorff assume que há barreiras ao comércio e que elas incidem sobre todos os bens. Essa pressuposição implica que países que apresentam o mesmo preço dos fatores de produção não comercializam um com o outro, uma vez que a existência de barreiras ao comércio leva esses países a comprarem domesticamente o bem em questão ou a importarem-no de países com diferentes preços de fatores, considerando um mercado de concorrência perfeita. Dado o entendimento de que os países comercializam com praticamente todos os outros, Deardorff assumiu que os preços dos fatores de produção são diferentes entre os países, embora a equalização dos preços dos fatores de produção seja um dos principais resultados do modelo Heckscher-Ohlin.

Deardorff também considerou que há total especialização nos países, o que significa que cada um produz apenas um único bem. Isto porque se há barreiras ao comércio e os preços dos fatores de produção são diferentes, os países tendem a se especializar nos bens em que detêm vantagem comparativa.

Embora o autor tenha desenvolvido a equação gravitacional para o caso em que as preferências apresentam o formato Cobb-Douglas e *Constant Elasticity of Substitution* (CES), neste estudo apresenta-se apenas este último caso. Assim, a maximização da função utilidade CES dos consumidores j sujeita à renda do país j ao produzir x_j leva a:

$$c_{ij} = \frac{1}{D_{ij} P_i} Y_j \theta_i \frac{1}{\sum_j \theta_j (\omega_{ij} P_i)^{1-\sigma}} (\omega_{ij} P_i)^{1-\sigma} \quad (16)$$

Onde P_i é o preço dos bens no país i , θ_i (θ_j) representa a participação da renda do país i (j) na renda mundial e $\omega_{ij} = D_{ij}/P_j^l$ é a distância relativa entre i e j , uma vez que P_j^l é o índice de preços no país j dos produtos importados conforme a seguinte equação:

$$P_j^l = \left(\sum_i \theta_i \frac{1}{\sum_j \theta_j (\omega_{ij} P_i)^{1-\sigma}} D_{ij}^{1-\sigma} P_i^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (17)$$

A equação gravitacional proposta por Deardorff (1998) fica:

$$X_{ij}^{fob} = \frac{Y_i Y_j}{Y^w} \frac{1}{D_{ij}} \left(\frac{\omega_{ij}^{1-\sigma}}{\sum_h \theta_h \omega_{ih}^{1-\sigma}} \right) \quad (18)$$

Se a distância relativa entre os países i e j for maior que a distância média relativa de todos os importadores do bem do país i , então, as exportações do país i para o j serão menores que os valores estimados pela eq. (15); enquanto se a distância relativa entre esses dois países for menor, as exportações serão maiores.

Evenett e Keller (2002) testaram se as teorias de retornos crescentes e Heckscher-Ohlin poderiam explicar o sucesso da equação gravitacional no caso em que há especialização perfeita e imperfeita, sendo que na especialização perfeita cada país produz um único bem. Para isso, usaram dados *cross-section* de 58 países, cujo Produto Interno Bruto (PIB) era maior que US\$ 1 bilhão e para os quais havia estimativas de capital por trabalhador comparáveis internacionalmente, referentes ao ano de 1985. Além disso, as observações foram estratificadas em diferentes graus de comércio intra-indústria.

Os resultados rejeitaram a pressuposição de que há especialização perfeita para as duas teorias, uma vez que os coeficientes obtidos para as rendas foram estatisticamente diferentes de um. Portanto, a especialização perfeita não é uma explicação adequada para os resultados empíricos da equação gravitacional. No caso do modelo de especialização imperfeita, que inclui tanto retornos crescentes quanto dotação de fatores de produção como propulsores do comércio, o modelo prevê corretamente a produção de bens mais diferenciados quando o nível de comércio intra-indústria é maior. Desta forma, de acordo com Evenett e Keller (2002) pode-se dizer que este modelo é mais robusto em se tratando do comércio Norte-Norte do que o Norte-Sul. Por fim, os dados ajustam-se adequadamente para o modelo com especialização imperfeita, considerando apenas as diferenças nas dotações dos fatores. Os autores concluem que os resultados sugerem que os retornos crescentes e as dotações de fatores explicam diferentes componentes da equação gravitacional.

Para Anderson e Van Wincoop (2003, 2004), os estudos empíricos realizados até então apresentavam resultados viesados porque a equação gravitacional estimada não correspondia às equações teóricas propostas. Desta forma, os autores desenvolveram um método para estimar a equação gravitacional teórica, tendo como diferencial a inclusão do termo de resistência multilateral. Esta variável capta a situação descrita por Anderson (1979) em que, após controlar pelo tamanho das regiões em termos de renda, o comércio entre elas é decrescente na barreira bilateral relativa à barreira média dessas duas regiões com os demais parceiros comerciais.

O termo de resistência ao comércio é composto pela barreira comercial bilateral entre as regiões i e j e a resistência ao comércio de i e de j com relação às demais regiões. Após algumas pressuposições, Anderson e Van Wincoop propõem a seguinte equação para os índices de preço, os quais são interpretados como uma resistência multilateral, uma vez que eles dependem de todas as resistências bilaterais, designadas por t_{ij} :

$$P_j = \left(\sum_i P_i^{\sigma-1} \theta_i t_{ij}^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad \forall j \quad (19)$$

Onde σ é a elasticidade de substituição entre todos os bens; e, θ_i é a razão entre a renda do país i e a renda mundial, ou seja, $\theta_i = Y_i/Y^w$.

As resistências bilaterais, também entendidas como fatores de custo de comércio não observáveis, podem ser estimadas a partir da eq. (20), que é uma função log-linear das variáveis distância bilateral, D_{ij} , e se as regiões i e j estão localizadas no mesmo país, R_{ij} :

$$t_{ij} = R_{ij} D_{ij}^\rho \quad (20)$$

A variável R_{ij} é igual a 1 se as regiões i e j estão localizadas no mesmo país; caso contrário, ela é igual a 1 mais a tarifa equivalente entre os países nos quais as regiões estão localizadas.

A equação gravitacional, passível de ser estimada e baseada em uma fundamentação teórica, implica:

$$X_{ij} = \frac{Y_i Y_j}{Y^w} \left(\frac{t_{ij}}{P_i P_j} \right)^{1-\sigma} \quad (21)$$

Substituindo a eq. (20) na (21) e aplicando logaritmo, tem-se:

$$\begin{aligned} \ln X_{ij} = & k + \ln Y_i + \ln Y_j + (1 - \sigma) \ln R_{ij} + (1 - \sigma)\rho \ln D_{ij} \\ & - (1 - \sigma) \ln P_i - (1 - \sigma) \ln P_j \end{aligned} \quad (22)$$

Onde k é uma constante.

Anderson e Van Wincoop estimaram a eq. (22) para analisar o fluxo de comércio entre os estados dos Estados Unidos e as províncias do Canadá e também para o caso de 22 países industrializados, incluindo os estados norte-americanos e as províncias canadenses no ano de 1993. Os autores objetivavam entender o *border puzzle* (quebra cabeça das fronteiras), dilema resultante das estimativas obtidas por McCallum (1995), que mostravam um grande impacto no comércio entre os Estados Unidos e o Canadá em decorrência da fronteira. Para isso, além de utilizarem os mesmos dados, os autores não incluíram a renda mundial na equação a fim de torná-la mais semelhante à equação geralmente utilizada nos estudos empíricos, diferindo apenas pela introdução do termo de resistência.

Os dados foram estimados pelo método dos mínimos quadrados não linear, minimizando a soma dos erros ao quadrado. No entanto, Anderson e Van Wincoop afirmaram que é possível substituir os termos de resistência multilateral por *dummies* específicas para cada par de região e estimar a equação gravitacional por mínimos quadrados em sua forma linear. Esta alternativa também resulta em estimativas consistentes, embora menos eficientes, uma vez que o estimador de mínimos quadrados não linear usa a informação de toda estrutura do modelo.

Os resultados encontrados por Anderson e Van Wincoop (2003) corroboram a ideia de que, com a imposição de uma barreira, a quantidade exportada das províncias do Canadá para os estados dos Estados Unidos diminui, e essa quantidade passa a ser consumida pela própria província ou pelas demais regiões canadenses. Por outro lado, a quantidade exportada dos estados dos Estados Unidos para as províncias do Canadá cai conforme uma barreira é imposta, mas essa quantidade é relativamente menor, dado o tamanho da economia canadense. Desta forma, as barreiras ao comércio levam a um impacto maior da resistência multilateral em países cuja economia é pequena, como é o caso do Canadá em relação aos Estados Unidos.

3.2.2 Evidências empíricas do modelo gravitacional

Grande parte dos estudos que utilizam o modelo gravitacional visa analisar o impacto da formação de blocos econômicos no fluxo de comércio bilateral, uma vez que a aproximação dos países através de acordos regionais de comércio aumentou consideravelmente a partir da década de 1950.

Em conjunto com a análise do efeito da formação de blocos, o modelo gravitacional permite verificar a criação e o desvio de comércio. A criação de comércio ocorre quando um acordo comercial leva à substituição da produção doméstica de alto custo por importações de outros países membros, que podem ser mais competitivos, e produzir o mesmo bem a um custo mais baixo; enquanto que o desvio de comércio ocorre quando os integrantes do acordo deixam

de importar de terceiros países mais competitivos, devido às preferências comerciais geradas pelo acordo, e passam a comprar de outros países membros do acordo, menos eficientes na produção.

Dentre os estudos sobre formação de blocos econômicos com uso do modelo gravitacional, tem-se o de Carrère (2006), que analisou os efeitos no fluxo de comércio de sete acordos comerciais, União Europeia, Associação de Nações do Sudeste Asiático, Comunidade Andina, Associação Latino-Americana de Integração, Tratado Norte-Americano de Livre Comércio, Mercado Comum da América do Sul e Mercado Comum da América Central.

A equação em painel, contendo dados de 130 países, durante o período de 1962 a 1996, foi estimada através do método proposto por Hausman e Taylor (1981), utilizando variáveis instrumentais e através de um *cross-section* via Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), com o mesmo número de países, gerando 35 regressões separadas, uma para cada ano. A vantagem dos dados em painel é a inclusão de uma variável para cada par de países que captura sua heterogeneidade, ou seja, um componente que expressa as características intrínsecas e específicas de cada par de países invariantes no tempo. Estudos anteriores geralmente incluíam apenas medidas de impedimento ao comércio no *cross-section*, como distância, fronteira, colonização, entre outros. No entanto, o fluxo de comércio bilateral pode ser influenciado por variáveis não consideradas na equação, o que pode causar um viés na estimativa. Assim, o método de dados em painel considera as variáveis para cada par de países que vão captar os efeitos dessas variáveis omitidas.

Assim como diversos autores, Carrère empregou o termo de resistência multilateral proposto por Anderson e Van Wincoop (2003), além de três variáveis binárias, que, quando analisadas em conjunto, refletem o efeito de criação e desvio de comércio. O termo de resistência multilateral foi obtido através de uma equação cujas variáveis explicativas eram a distância, nível de infraestrutura e duas variáveis binárias, uma referente à fronteira dos países e outra ao acesso ao oceano.

Os resultados encontrados por Carrère (2006) diferem consideravelmente em função do método utilizado. As estimativas dos dados em painel parecem ser mais plausíveis e apontam que a maior parte dos acordos regionais tem gerado um aumento significativo no comércio entre os integrantes, muitas vezes acompanhado de uma redução das importações do resto do mundo e, ocasionalmente, de uma redução das exportações para o resto do mundo.

Já Baier e Bergstrand (2007) estimaram a equação gravitacional, controlando a endogeneidade da formação de blocos comerciais por meio de dados em painel com efeitos fixos. De acordo com os autores, o viés de seleção é responsável pela divergência das

estimativas dos efeitos dos acordos regionais encontrados na literatura. Ainda, segundo os autores, outras duas alternativas de controlar a endogeneidade são a estimação via MQO para diferentes *cross-sections* usando variáveis instrumentais ou incluindo funções de controle de Heckman. Nos dois casos, os resultados são muito instáveis, uma vez que as variáveis instrumentais são, geralmente, correlacionadas com o termo de erro da equação gravitacional.

A base de dados de Baier e Bergstrand (2007) continha 96 países para uma série de nove períodos, abrangendo de 1960 a 2000, analisados em subperíodos de cinco anos. Três diferentes cenários foram criados, sendo que no primeiro deles, os autores incluíram o termo de resistência multilateral e elasticidades da renda unitária; no segundo, os efeitos dos acordos regionais de comércio foram defasados, ou seja, permitiu-se o “*phasing-in*” dos acordos; e, no terceiro cenário, os autores testaram a exogeneidade estrita. Os resultados apontaram que o efeito de acordos regionais é muito maior e estável quando a equação gravitacional é estimada em painel, com os coeficientes variando entre 0,61 e 0,76.

Além de ser utilizado para verificar o impacto resultante da formação de blocos econômicos no fluxo de comércio, o modelo gravitacional também é um ferramental para quantificar o impacto de elementos que distingam as relações bilaterais, favorecendo ou não alguns fluxos, como mudanças nas políticas monetária, e comercial no âmbito regulatório e normativo. Por esta lógica, dentre elementos e mudanças no âmbito regulatório, portanto, os padrões ambientais expressos em regulamentos domésticos e requisitos públicos e no âmbito normativo, dado pelos padrões privados impostos a produtos comercializados, podem interferir no sentido e magnitude dos fluxos comerciais.

Dentre as aplicações com foco no tema ambiental e sua relação com o comércio, utilizando o modelo gravitacional, tem-se os estudos de Jug e Mirza (2005) e Disdier, Fontagné e Mimouni (2008). O tema também foi tratado utilizando outras metodologias, como em Ederington e Minier (2003), que consideraram endógenas ao modelo as regulamentações ambientais e, em Feix (2008) e Miranda (2014), que partiram do arcabouço de Heckscher-Ohlin-Vanek.

Jug e Mirza (2005) buscaram analisar se as regulamentações ambientais mais brandas contribuem ou não para a competitividade dos produtores nacionais, hipótese conhecida como *pollution haven*. Para isso, os autores derivaram a equação gravitacional baseando-se no modelo de concorrência monopolística e estimaram-na através dos métodos MQO e Momentos Generalizados para 12 países importadores da União Europeia e 19 países exportadores da União Europeia, da Europa Central e Oriental durante o período de 1996 a 1999. Os efeitos fixos foram incluídos para o país exportador, para o país importador, para o setor e para o

tempo; e como *proxy* da regulamentação ambiental foram adotados os gastos totais correntes na execução das atividades de proteção ambiental.

No caso das estimativas obtidas com MQO, os resultados mostraram que o coeficiente de gastos ambientais correntes quando os países da Europa Central e Oriental são os exportadores, é negativo e significativo, o que sugere que a elasticidade preço da demanda é mais alta. Isto possivelmente se explica pelo fato dos consumidores europeus tenderem a ser mais sensíveis ao preço dos bens que se originam de economias em desenvolvimento, devido à qualidade esperada mais baixa e à menor diferenciação. No entanto, ao interagir a variável ambiental com uma *dummy* discriminando entre indústrias poluidoras e não poluidoras, os resultados não constataram que os exportadores de bens de indústrias poluidoras tenham sido mais afetados por regulamentações ambientais do que os exportadores de indústrias limpas.

Os autores também estimaram seu modelo adotando o método de Momentos Generalizados, cuja vantagem é tratar da não-ortogonalidade entre os resíduos e as variáveis explicativas, produzindo estimativas eficientes no caso de presença de heterocedasticidade ou de autocorrelação. Os resultados confirmaram que os gastos ambientais têm um efeito negativo sobre as exportações.

Disdier, Fontagné e Mimouni (2008) buscaram entender a importância e a estrutura das Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS, sigla em inglês) e Barreiras Técnicas ao Comércio (TBT, sigla em inglês) no comércio agrícola mundial para, assim, quantificar o impacto dessas medidas no fluxo comercial e verificar se esse impacto difere entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. As medidas relacionadas ao meio ambiente, além de serem tratadas em outros âmbitos da Organização Mundial do Comércio (OMC), como na própria Declaração de Doha e nas atividades do Comitê de Comércio e Ambiente, também são alvo dos acordos SPS e TBT.

A parte quantitativa do estudo de Disdier, Fontagné e Mimouni (2008) baseou-se no modelo gravitacional com efeitos fixos, usando dados de 2004 para 154 países importadores, 183 exportadores e 690 produtos. Foram incluídas na equação uma *dummy* igual a 1 se os países importadores notificam pelo menos uma barreira ao nível do sistema harmonizado (SH) de 6 dígitos, índice de frequência, e equivalente *ad valorem* (AVE), além de variáveis *dummy* para fronteira, língua e relação colonial.

Os resultados não abordaram as notificações apenas com relação à temática ambiental, mas apontaram que as medidas SPS e TBT reduzem significativamente as exportações dos países em desenvolvimento para países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), embora não afetem o comércio entre os países dessa Organização. As

importações da Europa são mais negativamente influenciadas pelas medidas SPS e TBT do que as importações de outros países da OECD (DISDIER, FONTAGNÉ, MIMOUNI, 2008).

Ederington e Minier (2003) avaliaram o impacto de regulamentação ambiental no comércio dos EUA com o resto do mundo por meio de um sistema de equações simultâneas, visando controlar a simultaneidade entre política ambiental e importações líquidas. Os dados compreendiam os produtos identificados a 4 dígitos da Classificação Industrial Padrão (SIC) das indústrias manufatureiras, de 1978 a 1992. Os resultados mostraram que a regulação ambiental tem um impacto significativo no fluxo de comércio quando a política ambiental é tratada endogeneamente. Além disso, as regulamentações tendem a ser menos rígidas nas indústrias importadoras e mais rígidas nas indústrias exportadoras, pois, no primeiro caso, o custo interno aumenta e no segundo, o custo é dividido com os consumidores do resto do mundo.

Feix (2008) teve como objetivo quantificar o impacto de regulamentação ambiental no comércio internacional, focando no setor do agronegócio. O método utilizado foi o modelo Heckscher-Ohlin-Vanek, estimado para setores sensíveis às políticas ambientais, quais sejam milho, trigo, arroz, soja, suíno, leite e agronegócio, em um *cross section* para 149 países. Foram incluídas variáveis representativas da performance ambiental dos países analisados. Os resultados foram inconclusivos: as exportações líquidas podem ser afetadas positiva ou adversamente, a depender do setor e indicador ambiental utilizado.

Miranda (2014) buscou medir os impactos da regulação ambiental sobre os padrões de comércio mundial de produtos agroindustriais e da carne bovina, especificamente. Da mesma forma que Feix (2008), a autora adotou o modelo teórico Heckscher-Ohlin-Vanek para estimação das equações, que além das variáveis de dotação de fatores, incorporou a variável para o grau de regulação ambiental através do Índice de Desempenho Ambiental (EPI, da sigla em inglês *Environmental Performance Index*), também testado por Feix (2008). No trabalho de Miranda (2014), foram usados dados em painel, para 102 países, subdivididos em dois grupos: países de renda alta e os demais países, abrangendo o período de 2000 a 2011. Os resultados apontaram que o impacto da regulação ambiental foi positivo nas regressões para os 102 países e para os países em desenvolvimento e menos desenvolvidos. Enquanto que nas regressões para os países mais ricos, o efeito da regulação ambiental foi negativo.

Resultados inconclusivos não são exclusivos dos trabalhos de Feix (2008) e Miranda (2014). De fato, a literatura sobre a interface entre o meio ambiente e o comércio apresenta evidências divergentes. A análise desta interface também pode gerar resultados mistos no caso em que determinado setor é afetado por arranjos institucionais privados. Desta forma, torna-se

interessante avaliar todas as exigências ambientais, sejam elas de âmbito público ou privado, para entender sua relação com o comércio e quantificar seu possível impacto nos fluxos internacionais.

3.3 Metodologia

O modelo utilizado segue a proposta de Anderson e Van Wincoop (2003), com a inclusão de *dummies* específicas para cada par de países. A equação estimada em sua forma linear fica:

$$\begin{aligned} \ln(EXP_{ijt}) = & k + \phi_{ij} \\ & + \beta_1 \ln(PIB_{it}) + \beta_2 \ln(PIB_{jt}) + \beta_3 \ln(DIST_{ij}) \\ & + \beta_4 LANG_{ij} + \beta_5 FRONT_{ij} + \beta_6 EU_{jt} + \beta_7 DR_{it} + \varepsilon_{ijt} \end{aligned} \quad (23)$$

Onde EXP_{ijt} refere-se às exportações, em milhões de dólares correntes, do país exportador, i , para o país importador, j , no período t ; k é uma constante; ϕ_{ij} é uma variável binária igual a 1 para o par de país i e j , ou seja, são os efeitos fixos para as *cross-sections*; PIB_{it} (PIB_{jt}) é o produto interno bruto, em milhões de dólares correntes, do país exportador i (importador j) no período t ; $DIST_{ij}$ é a distância entre i e j (que é uma *proxy* para custo de transporte); $LANG_{ij}$ é igual a 1 se i e j falam a mesma língua e 0, caso contrário; $FRONT_{ij}$ é igual a 1 se i e j têm fronteira comum e 0, caso contrário; EU_{jt} é uma binária, sendo igual a 1 para os países pertencentes à União Europeia; DR_{it} é a razão de *decoupling* do países exportador, i ; e, ε_{ijt} é o termo de erro. A binária para país membro da União Européia é acrescida ao modelo tendo em vista que esse Bloco é reconhecido como um dos mais proativos na imposição de requisitos ambientais e na incorporação dos mesmo nas preferências de consumo da população. Por sua vez, a razão de *decoupling* é a *proxy* para variável ambiental, e quanto mais baixa a razão de *decoupling*, melhor é a variável ambiental no período t para dado país.

A fim de corrigir o viés de simultaneidade, que ocorre em decorrência do PIB compreender, além de outras variáveis, as exportações, os valores exportados podem ser divididos pelo produto dos PIBs do país exportador e do país importador. Contudo, para Baier e Bergstrand (2007), há três razões que sustentam a hipótese de que a endogeneidade entre o PIB e os valores exportados não é um problema tão sério: 1) o PIB é uma função das exportações líquidas; 2) o comércio entre pares de países tende a ter uma participação muito pequena nas exportações totais dos países e, sobretudo, em suas rendas; e, 3) os trabalhos que

trataram econometricamente desse problema obtiveram resultados semelhantes quando a endogeneidade está presente.

Assim, neste estudo, os valores exportados não foram divididos pelo PIB, uma vez que, embora o complexo soja seja relevante para as economias analisadas, as exportações de soja são pequenas com relação ao PIB, e, ainda mais reduzidas quando desagregadas em fluxos bilaterais, não sugerindo que ocorra um viés por endogeneidade.

O modelo estimado utiliza uma *proxy* de desempenho ambiental para captar o efeito das restrições ambientais, cuja relação ocorre pressupondo-se que o melhor desempenho ambiental esteja atrelado à internalização das exigências internacionais. Ou seja, o setor sojicultor responde à pressão exercida pelo mercado externo com melhorias no desempenho ambiental. Isto é, particularmente, esperado quando se considera uma variável relacionada à emissão de gases de efeito estufa, tendo em vista o foco do debate ambiental, nos últimos anos, em compromissos de redução dessa emissão. Porter e Linde (1995) afirmam que as empresas operam num mundo de competição dinâmica, buscando soluções inovadoras para todo tipo de pressão, seja ela de competidores, clientes ou reguladores.

A hipótese nula é de que as restrições ambientais no país exportador não são relevantes para explicar as exportações de soja, enquanto que a hipótese alternativa mostra que as restrições são significativas. Tomando-se a variável *decoupling*, que indica uma relação entre produção e utilização de recursos ou produção e degradação ambiental, o desejável é que, ao longo do tempo, as atividades econômicas, produção e também consumo, sejam cada vez menos dependentes de recursos e menos intensivas na geração de degradação e poluição ambiental. De modo que, uma razão de *decoupling* em queda é desejável para países que estejam se alinhando a processos mais sustentáveis. Logo, coeficientes negativos para essas variáveis comprovam a tese de Porter e Linde de que os requisitos ambientais podem levar a inovações que aumentam a competitividade dos países no mercado internacional; enquanto sinais positivos dos coeficientes indicariam maior degradação, poluição ou processos mais intensivos em recursos naturais (portanto, com menor importância dos requisitos ambientais) associado a mais comércio. Conclusivamente, um *trade-off* entre degradação ambiental e comércio.

Imagina-se que se os países compradores forem sensíveis às questões ambientais ou quiserem utilizá-las como barreiras comerciais, quanto mais rígida a política do país exportador, e focada em ambiente, menos, teoricamente, ele seria afetado por restrições ambientais. Isto significaria que quanto melhor sua regulação ambiental, mais ele exportaria, principalmente para os países (e empresas) mais sensíveis à temática ambiental e da sustentabilidade. Por outro

lado, aumentos na rigidez de uma política ambiental branda pode, inicialmente, diminuir as exportações.

3.3.1 Descrição dos dados

O banco de dados é composto por fluxos de comércio bilaterais (exportações), Produto Interno Bruto (PIB), distância e uma variável que reflete as restrições ambientais, durante o período de 1993 a 2014. Desta forma, os dados apresentam a estrutura em painel, também conhecido como dados longitudinais.

As exportações, em milhões dólares correntes, provêm da *United Nations Commodity Trade Statistics Database* (UNComtrade) e são compiladas no *World Integrated Trade Solution* (WITS). O complexo soja, baseado na definição da Agrostat/MAPA, corresponde à soma dos itens 120100 (*Soya beans, whether or not broken*), 120810 (*Soya bean flour or meal*), 150710 (*Soya bean oil and its fractions, crude, whether or not degummed, not chemically modified*), 150790 (*Refined soya bean oil, not chemically modified*) e 230400 (*Soya bean oil-cake and other solid residues, whether or not ground or in the form of pellets*), classificados pela nomenclatura do Sistema Harmonizado.

Foram selecionados os três maiores exportadores do complexo soja, em valor, que são Brasil, Estados Unidos e Argentina, cujas exportações conjuntas para os 60 parceiros comerciais listados na

1. África do Sul	21. Espanha	41. Malásia
2. Alemanha	22. Estados Unidos	42. Marrocos
3. Arábia Saudita	23. Filipinas	43. México
4. Argélia	24. França	44. Nicarágua
5. Austrália	25. Grécia	45. Noruega
6. Bangladesh	26. Guatemala	46. Panamá
7. Bélgica	27. Holanda	47. Paquistão
8. Canadá	28. Honduras	48. Peru
9. Chile	29. Hong Kong	49. Polônia
10. China	30. Índia	50. Portugal
11. Colômbia	31. Indonésia	51. Reino Unido
12. Coreia do Sul	32. Irã	52. República Dominicana
13. Costa Rica	33. Irlanda	53. Romênia
14. Cuba	34. Israel	54. Rússia
15. Dinamarca	35. Itália	55. Síria
16. Egito	36. Jamaica	56. Tailândia
17. El Salvador	37. Japão	57. Tunísia
18. Emirados Árabes	38. Jordânia	58. Turquia
19. Equador	39. Letônia	59. Venezuela

20. Eslovênia	40. Líbia	60. Vietnã
---------------	-----------	------------

Figura 11 representaram 98,9% do montante total em 2014.

1. África do Sul	21. Espanha	41. Malásia
2. Alemanha	22. Estados Unidos	42. Marrocos
3. Arábia Saudita	23. Filipinas	43. México
4. Argélia	24. França	44. Nicarágua
5. Austrália	25. Grécia	45. Noruega
6. Bangladesh	26. Guatemala	46. Panamá
7. Bélgica	27. Holanda	47. Paquistão
8. Canadá	28. Honduras	48. Peru
9. Chile	29. Hong Kong	49. Polônia
10. China	30. Índia	50. Portugal
11. Colômbia	31. Indonésia	51. Reino Unido
12. Coreia do Sul	32. Irã	52. República Dominicana
13. Costa Rica	33. Irlanda	53. Romênia
14. Cuba	34. Israel	54. Rússia
15. Dinamarca	35. Itália	55. Síria
16. Egito	36. Jamaica	56. Tailândia
17. El Salvador	37. Japão	57. Tunísia
18. Emirados Árabes	38. Jordânia	58. Turquia
19. Equador	39. Letônia	59. Venezuela
20. Eslovênia	40. Líbia	60. Vietnã

Figura 11 - Principais destinos das exportações do complexo soja do Brasil, Estados Unidos e Argentina

Fonte: Elaborado a partir dos dados de World Integrated Trade Solution/United Nations Commodity Trade Statistics Database (WITS/COMTRADE).

A seleção de uma amostra em detrimento da população apresenta algumas vantagens em termos de estimação. A inclusão de todos os países do mundo geraria perda de graus de liberdade, uma vez que seria necessário incluir um número maior de variáveis binárias para controlar as características intrínsecas de cada par de países; além disso, o comércio internacional de soja é concentrado, sendo muito pequenas as exportações para países fora da lista na Figura 11. Outros autores, como Carrère (2006) e Baier e Bergstrand (2007), também selecionaram uma amostra de países.

O Produto Interno Bruto (PIB) para países exportadores e importadores, em milhões de dólares correntes, foi extraído do *World Bank*. A variável distância pode ser obtida no *Centre d'études Prospectives et d'Informations Internationales* (CEPII), disponibilizada por Mayer e Zignago (2011) e é calculada de acordo com as latitudes e as longitudes das cidades/aglomerações mais importantes, em termos populacionais, entre os países.

Quanto à variável ambiental, foi calculada a razão de *decoupling* da cultura de soja, que, de acordo com United Nations Environment Programme (UNEP, 2011), permite analisar a

possibilidade de ocorrência de crescimento econômico com redução do uso de recursos naturais e/ou diminuição da degradação ambiental gerada pela atividade antrópica.

Entende-se que o *decoupling* pode ocorrer de duas maneiras, que são *decoupling* relativo e *decoupling* absoluto. O primeiro se dá quando a taxa de crescimento da variável ambiental for positiva mas menor do que a da variável econômica, enquanto que o segundo ocorre quando a taxa de crescimento da variável de pressão ambiental for estável ou negativa e a da variável econômica for crescente, segundo UNEP (2011). Ainda de acordo o Programa, o *decoupling* absoluto pode ser visto pela curva de Kuznets ambiental, a qual mostra que o aumento da renda *per capita* pode, inicialmente, levar a maiores níveis de poluição, porém, conforme a renda aumenta além de um determinado nível, o impacto ambiental sobre a produção e consumo diminui.

Para calcular a razão de *decoupling*, divide-se uma variável que represente a pressão ambiental por alguma variável econômica, conforme eq. 24. Neste estudo, foram selecionadas para calcular o *decoupling*, as emissões de gás efeito estufa em gigagramas equivalentes de CO₂ para a cultura de soja representando a pressão ambiental e a quantidade produzida de soja, em toneladas, referindo-se à variável econômica.

$$DR_{it} = \frac{(EP/DV)_{it}}{(EP/DV)_{it_0}} \quad (24)$$

Onde DR_{it} é a razão de *decoupling* do país exportador, i , no tempo t ; EP_{it} (EP_{it_0}) são as emissões em gigagramas equivalentes de CO₂, estimadas para os resíduos deixados no solo após a colheita do país exportador, i , no tempo t (no tempo t_0 , que é o início da série em 1993); e, DV_{it} (DV_{it_0}) é a quantidade produzida de soja, em toneladas, do país exportador, i , no tempo t (no tempo t_0 , que é o início da série em 1993).

As emissões de gás efeito estufa em gigagramas equivalentes de CO₂ e a quantidade produzida de soja são obtidas na base da FAOSTAT, sendo que a primeira variável é uma estimativa do óxido nitroso, N₂O, decorrente da decomposição do nitrogênio nos resíduos gerados nos solos cultivados com soja, sendo obtida com base na produtividade e na área colhida da cultura de soja e em coeficientes fixos extraídos de estudos do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (FAOSTAT, 2016).

3.3.2 Especificação do modelo

A eq. 23 pode ser estimada pelo método de MQO, considerando os dados empilhados, no entanto, isso implica que a constante da equação seja a mesma para diferentes *cross-sections*. Tal restrição é muito rígida, uma vez que a constante tende a ser influenciada por variáveis não mensuráveis e que são específicas a cada par de países. Se a constante é, de fato, influenciada por tais variáveis, o erro em cada período de tempo correlaciona-se com as variáveis explicativas neste mesmo período, o que torna as estimativas viesadas (WOOLDRIDGE, 2002).

Os modelos de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios empregam diferentes interceptos para cada *cross-section*, portanto, são mais adequados em se tratando de dados em painel. Em ambos os modelos, há a inclusão de uma variável aleatória que captura os efeitos não observáveis constantes no tempo.

No modelo de efeitos fixos, os efeitos não observáveis são potencialmente correlacionados com as variáveis explicativas da equação. Neste caso, o tratamento econométrico pode se dar de duas maneiras; na primeira delas, as variáveis da equação estimada são a diferença entre os valores observados das médias temporais de cada *cross-section*. Na segunda maneira, conhecida como *Least Squares Dummy Variables*, LSDV, são incluídas variáveis *dummies* para capturar a heterogeneidade das unidades (WOOLDRIDGE, 2002). Pode-se inserir tais variáveis para cada país, individualmente ou para cada par de países, podendo tais variáveis também ser adicionadas para cada período.

Uma desvantagem de utilizar efeitos fixos centrados na média é que variáveis tradicionalmente incluídas no modelo gravitacional, como fronteira, mesmo idioma e distância, não são identificadas na estimativa, enquanto que o método LSDV é capaz de identificar tais variáveis, dependendo do tipo de *dummy* incluída. Por outro lado, o LSDV perde muitos graus de liberdade quando o número de *dummies* incluídas é elevado.

O modelo de efeitos aleatórios pressupõe que os efeitos não observáveis e o termo de erro são idêntica e independentemente distribuídos, do que resulta que tais efeitos podem ser incorporados no termo de erro, garantindo a consistência das estimativas (WOOLDRIDGE, 2002). Devido a esta característica, o modelo de efeitos aleatórios deve ser usado quando há evidências de que o erro composto pelos efeitos não observáveis mais o termo de erro não é correlacionado com as variáveis explicativas.

Silva e Tenreiro (2006) constataram que as estimativas do modelo de efeitos fixos obtidas por meio da linearização da equação gravitacional tratam parcialmente da heterocedasticidade, que se refere à variância não constante ao longo do tempo, sendo, portanto, viesadas. Neste contexto, recomendaram o uso do método *Poisson Pseudo-Maximum-*

Likelihood (PPML), cujos resultados também são consistentes na presença de fluxos bilaterais iguais a zero ou *missing* na base de dados. Neste caso, a eq. 23 é estimada em sua forma multiplicativa, seguindo uma função exponencial com a variável dependente expressa em nível, não sendo necessária a transformação dos zeros.

Neste estudo, como se optou por avaliar as exportações de soja dos principais *players* do mercado, abrangendo os maiores exportadores e importadores, os valores iguais a zero ou *missing* perfazem, apenas, 12,0% do total de 3.899 observações. Para a equação estimada por PPML, os valores iguais a zero não foram excluídos, enquanto que para os demais métodos de estimação, tais valores foram omitidos da base de dados.

Outros autores, como Baier e Bergstrand (2007) e Carrère (2006), também adotaram a estratégia de não incluir as observações iguais a zero ou *missing*. Frankel (1997), embora tenha alertado que isso possa viesar as estimativas, acredita que a omissão dos zeros não seja um problema relevante por dois motivos: 1) conforme supracitado, representam uma pequena percentagem das observações; e 2) provavelmente, os valores não foram registrados, embora as exportações devam ter ocorrido, considerando os países envolvidos.

3.3.3 Testes estatísticos

Os resíduos de uma equação utilizando dados em painel podem apresentar correlação contemporânea e autocorrelação - a correlação contemporânea refere-se à correlação entre os resíduos de diferentes *cross-sections* enquanto que a autocorrelação indica a dependência temporal entre os resíduos de uma *cross-section*. O teste proposto por Pesaran (2004), cuja estatística é baseada na soma dos resíduos da correlação das *cross-sections*, foi aplicado para testar a correlação contemporânea (HOYOS; SARAFIDIS, 2006). Já o teste proposto por Wooldridge (2002), que consiste em regredir os resíduos da equação estimada em primeira diferença com seus valores defasados em uma unidade, para então, testar a significância do coeficiente obtido, foi utilizado para verificar a autocorrelação dos resíduos (DRUKKER, 2003).

Também é avaliada a variância dos resíduos, que, embora possa ser homocedástica dentro da mesma *cross-section*, pode diferir entre as unidades, o que é conhecido como heterocedasticidade *groupwise*. Seguindo a proposta de Greene (2012), calcula-se uma estatística de Wald modificada para testar a heterocedasticidade *groupwise* nos resíduos obtidos do modelo de regressão de efeitos fixos (BAUM, 2001). Para testar a heterocedasticidade do modelo de regressão de efeitos aleatórios, aplica-se um teste de razão de verossimilhança, pelo qual dois modelos são comparados, um assumindo que há heterocedasticidade e outro, que a

variância de todas as *cross-sections* é a mesma (GREENE, 2012). Tanto a estatística de Wald modificada quanto a de razão de verossilhança têm como hipótese nula que a variância dos resíduos das *cross-sections* é homocedástica.

Para solucionar tais problemas, os erros padrão foram corrigidos pelo estimador robusto da variância. Ao determinar que as observações sejam agrupadas conforme suas características, ou seja, realizar o *cluster* dos dados, permite-se que os resíduos de cada *cross-section* sejam correlacionados entre eles, mas sejam independentes dos resíduos de *cross-sections* diferentes. No Stata (versão 13.0, 2013), software empregado na estimação dos modelos, as opções *vce(robust)* e *vce(cluster)* são idênticas em se tratando de modelos de efeitos fixos e efeitos aleatórios e são robustas à heterocedasticidade condicional.

Além dos testes que identificam se o modelo atende as propriedades de uma regressão linear, a escolha do modelo mais adequado para a base de dados deste estudo baseou-se em algumas estatísticas. O teste Multiplicador de Lagrange de Breusch-Pagan (LM Breusch-Pagan) verifica se o modelo mais adequado é a regressão dos dados empilhados (*pooled*) ou a regressão dos dados em painel com efeitos aleatórios - tal comparação é realizada por meio da análise da variância do erro, que, sob hipótese nula, é igual para todas as *cross-sections*. Desta forma, a rejeição desta hipótese indica que há diferença significativa entre as *cross-sections*, e, portanto, o modelo *pooled* não é o mais adequado.

O teste de Chow, ou teste F, compara o modelo com dados empilhados com o modelo efeitos fixos, ambos estimados por MQO. Esse teste é feito pela análise da significância da constante (coeficiente linear), que, sob hipótese nula, é igual para todas as *cross-sections*. A rejeição da hipótese nula indica que o modelo de efeitos fixos é melhor do que o *pooled*.

Por fim, o teste de Hausman verifica se o modelo mais adequado é o modelo de efeitos fixos ou o de efeitos aleatórios. A hipótese nula verifica se os efeitos não observáveis são estatisticamente iguais a zero; se esse for o caso, ambos os estimadores são consistentes, embora o estimador de efeitos aleatórios seja mais eficiente; por outro lado, se os efeitos não observáveis forem significativos, o estimador de efeitos aleatórios torna-se inconsistente e o estimador de efeitos fixos, consistente e eficiente.

3.4 Resultados

O teste LM Breusch-Pagan confirma que o modelo de efeitos aleatórios é mais eficiente que o modelo de dados empilhados, indicando que as características das *cross-sections* são diferentes para cada par de países (Tabela 7 **Error! Reference source not found.**). O teste F, por sua vez, mostra que o modelo de efeitos fixos também é preferível ao modelo de dados

empilhados. Finalmente, o resultado do teste de Hausman corrobora com a adoção do modelo de efeitos fixos, ao nível de significância de 1%.

Tabela 7 - Testes suportes para a escolha do modelo

Testes	Metodologias	Estatística	Prob.
LM Bresch-Pagan	Dados empilhados vs. Efeitos aleatórios	11.142,79	0,0000
F	Dados empilhados vs. Efeitos fixos	34,23	0,0000
Hausman	Efeitos aleatórios vs. Efeitos fixos	14,76	0,0052

Fonte: Resultados do estudo.

Embora a escolha do método mais eficiente na modelagem dos dados seja de grande relevância, a presença de correlação contemporânea, autocorrelação e heterocedasticidade pode gerar interpretações equivocadas dos coeficientes estimados. Por isso, foram realizados os testes para cada um desses eventuais problemas.

Os resultados do teste de autocorrelação (

Tabela 8) aplicado nos dados empilhados apontam que os resíduos da regressão são correlacionados no tempo. Desta forma, é necessário que os desvios-padrão sejam corrigidos a fim de realizar inferências sobre a significância dos coeficientes.

Tabela 8 - Teste de autocorrelação aplicado nos dados empilhados

Estatística F(1,93)	Prob.
53,49	0,0000

Fonte: Resultados do estudo.

As estatísticas dos testes de heterocedasticidade indicam a presença deste problema nas equações de efeitos fixos e aleatórios (Tabela 9 **Error! Reference source not found.**). Quanto ao teste de correlação contemporânea, não foi possível realizá-lo, em decorrência da estrutura da base de dados em painel não-balanceada deste estudo, composta por um número de *cross-sections* muito elevado e de uma série de tempo relativamente menor.

Portanto, as observações foram agrupadas com vista a permitir que os resíduos de cada *cross-section* sejam correlacionados entre eles, mas sejam independentes entre as diferentes *cross-sections*. Ou seja, este procedimento trata da heterocedasticidade *groupwise* em conjunto com a autocorrelação e correlação contemporânea.

Tabela 9 - Testes de heterocedasticidade aplicados nos modelos de efeitos aleatórios e de efeitos fixos

Testes	Efeitos aleatórios		Efeitos fixos	
	Estatística	Prob.	Estatística	Prob.
Heterocedasticidade	3.080,90	0,0000	420.000,00	0,0000

Fonte: Resultados do estudo.

Embora os desvios-padrão sejam corrigidos quando as equações são estimadas utilizando os dados empilhados, efeitos fixos, efeitos aleatórios e PPML, Silva e Tenreyro (2006) recomendaram o uso deste último método, por gerar estimativas mais eficientes na presença de heterocedasticidade. As estimativas completas do modelo PPML, contendo os coeficientes dos efeitos fixos, são apresentadas no APÊNDICE A.

Os resultados obtidos mostram a robustez da equação estimada, uma vez que os coeficientes apresentaram o mesmo sinal e magnitude semelhante para todas as variáveis, considerando os quatro métodos utilizados, exceto para o PIB do país exportador, cujo sinal do coeficiente foi negativo apenas para o modelo de efeitos fixos (Tabela 10). Porém, como a equação estimada por PPML é mais adequada quando há heterocedasticidade e dados iguais a zero ou *missing*, discutem-se, a seguir, os resultados desta estimação.

O impacto do PIB do país exportador nas exportações de soja é positivo, similar ao que se encontra na literatura, como, por exemplo, em Carrère (2006) e Baier e Bergstrand (2007). Por outro lado, o coeficiente não foi significativo. A dificuldade em mensurar o impacto do PIB

nas exportações de soja pode ocorrer devido ao fato de que a soja em grão e seus derivados são matéria-prima para diversas outras indústrias, sendo possível que um nível mais elevado de atividade econômica do país, embora possa ter uma relação positiva com a produção, não necessariamente explica as exportações do complexo, que podem concorrer de forma mais efetiva com o consumo doméstico dessas matérias primas, que nos três países exportadores são utilizadas para alimentação humana e animal.

Tabela 10 - Resultados econométricos do modelo gravitacional

	Dados Empilhados	Efeitos fixos	Efeitos aleatórios	PPML
Variável dependente	$\ln(EXP_{ijt})$	$\ln(EXP_{ijt})$	$\ln(EXP_{ijt})$	EXP_{ijt}
k	-5,65 ***	-7,79 ***	-7,22 **	-11,75 ***
<i>d.p.</i>	1,521	1,823	3,300	0,654
<i>z</i>	-3,710	-4,270	-2,190	-17,950
$\ln(PIB_{it})$	0,12 ***	-0,04	0,10	0,07
<i>d.p.</i>	0,029	0,122	0,086	0,058
<i>z</i>	4,310	-0,360	1,180	1,150
$\ln(PIB_{jt})$	0,45 ***	1,02 ***	0,82 ***	1,10 ***
<i>d.p.</i>	0,034	0,139	0,108	0,034
<i>z</i>	13,180	7,390	7,640	32,590
$\ln(DIST_{ij})$	0,30 *	-	0,02	0,41 ***
<i>d.p.</i>	0,108	-	0,348	0,023
<i>z</i>	2,790	-	0,050	17,660
$LANG_{ij}$	0,16	-	0,34	1,64 ***
<i>d.p.</i>	0,112	-	0,422	0,125
<i>z</i>	1,410	-	0,800	13,160
$FRONT_{ij}$	0,70 **	-	0,26	-1,90 ***
<i>d.p.</i>	0,304	-	1,143	0,132
<i>z</i>	2,300	-	0,230	-14,380
EU_{jt}	0,80 ***	0,76 *	0,76 **	0,74 **
<i>d.p.</i>	0,095	0,444	0,351	0,369
<i>z</i>	8,430	1,720	2,170	2,010
DR_{it}	-1,16	-0,79	-1,39 *	-0,97 *
<i>d.p.</i>	0,919	0,774	0,793	0,532
<i>z</i>	-1,270	-1,020	-1,750	-1,830
Efeitos fixos	Não	Sim	Não	Sim
Obs.	3.480	3.480	3.480	3.899
R^2	15,43%	14,23%	14,93%	95,31%

Fonte: Resultados do estudo.

Nota: *** sinificativo a 1%; ** significativo a 5%; * significativo a 10%.

Quanto ao impacto do PIB do país importador nas exportações do complexo, o mesmo é positivo e significativo, com elasticidade de 1,1. Isto significa que o aumento do PIB do país

importador leva a um aumento 10% maior das exportações de soja. Este resultado pode estar associado à crescente demanda por alimento, sobretudo proteína, possivelmente impulsionando as exportações de soja (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - OECD/FAO, 2016).

O coeficiente da distância, ao contrário do que se verifica na literatura, foi positivo e significativo, o que pode ser explicado pela importante posição da China como compradora de soja, estando a 17,6, 11,0 e 19,3 mil km de distância do Brasil, Estados Unidos e Argentina, respectivamente. A Figura 12 mostra que a China, mesmo apresentando a maior distância frente aos demais parceiros comerciais do Brasil, Estados Unidos e Argentina, suas importações ultrapassaram US\$ 30 bilhões (WITS/COMTRADE, 2016).

Figura 12 - Exportações do complexo soja de 2014, em milhões US\$ correntes, e distância entre os principais parceiros comerciais do Brasil, Estados Unidos e Argentina

Fonte: Elaborado a partir dos dados de World Integrated Trade Solution/United Nations Commodity Trade Statistics Database (WITS/COMTRADE) - Exportações; Centre d'études Prospectives et d'Informations Internationales (CEPII) - distância.

O avanço da tecnologia, que permite maior integração entre os países e intensifica o processo de globalização, tende a diminuir, cada vez mais, o poder explicativo da distância e de fatores geográficos e culturais frente ao comportamento das exportações. A relação comercial da China com os principais *players* de soja é um exemplo claro de que essas variáveis não consistem em impedimento de comércio na atualidade.

Para as exportações de soja, porém, a inclusão de uma variável binária para os países pertencentes a União Europeia é importante, uma vez que, embora alguns membros se destaquem como grandes importadores, possivelmente, há exportação dos derivados do processamento do grão dentro do bloco. Além disso, com relação aos requisitos da demanda, também há uma harmonização entre os países da União Europeia. Por esses fatores, é necessário ter a leitura de que os países da União Europeia fazem parte do mesmo bloco. De fato, o coeficiente desta variável binária foi significativo e positivo, o que indica que pertencer a União Europeia contribui para o aumento das exportações de soja.

Já a razão de *decoupling*, é possível calculá-la apenas para a cultura de soja, com base nos dados da FAOSTAT. O numerador desta razão, que são as emissões de gás de efeito estufa decorrentes da decomposição do nitrogênio nos resíduos gerados pela cultura da soja nos solos cultivados, reflete diretamente o uso intensivo do solo agrícola e de fertilizantes nitrogenados e, portanto, seu aumento significa uma maior pressão no meio ambiente. No caso do Brasil, especificamente, a agropecuária foi o maior emissor de CO₂ equivalente em 2014 (soma dos gases CH₄ e N₂O), comparado aos setores de energia, processos industriais, florestas e resíduos, de acordo com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2014). Tais informações, comumente, geram questionamentos da sociedade, inclusive internacional, sobre a sustentabilidade do setor agropecuário.

Comparando as emissões de CO₂ equivalente derivadas do óxido nitroso para a cultura de soja entre o Brasil, Estados Unidos e Argentina, os três países apresentaram aumento no nível de emissões, embora as emissões dos Estados Unidos tenham sempre sido maiores que a dos demais países citados (Figura 13).

Figura 13 - Emissões em gigagramas equivalentes de CO_2 derivadas do óxido nítrico para a cultura de soja, de 1993 a 2014

Fonte: Elaborado a partir dos dados da FAOSTAT.

Com relação à taxa de crescimento das emissões do poluente, a Argentina apresentou a maior taxa em 2014, seguido por Brasil (Figura 14). Assim, mesmo tendo aumentado largamente a quantidade produzida de soja, a razão de *decoupling* da Argentina foi a que apresentou a maior média entre 1993 a 2014 (Figura 15).

O Brasil, a partir de 2006, também começou a alargar a diferença entre as emissões de gás efeito estufa e a quantidade produzida de soja, o que pode evidenciar a pressão ambiental sobre o cultivo desse grão. Já a razão de *decoupling* dos Estados Unidos mostrou-se mais estável ao longo dos anos.

Figura 14 - Emissões de CO_2 equivalente derivadas do óxido nitroso para a cultura de soja e quantidade produzida de soja para o Brasil, Estados Unidos e Argentina, de 1993 a 2014, ano-base=1993

Fonte: Elaborado a partir dos dados da FAOSTAT.

Figura 15 - Razão de *decoupling* de emissões de CO_2 equivalente por unidade de produção de soja, para Brasil, Estados Unidos e Argentina, de 1993 a 2014

Fonte: Elaborado a partir dos dados da FAOSTAT.

De forma geral, a tendência de queda da razão de *decoupling* dos três países exprime maior eficiência relativa no uso de recursos e redução dos impactos ambientais na produção de soja. Os esforços realizados pelos agentes da cadeia sojicultora com relação à produção que levaram à queda, no longo prazo, deste indicador podem estar relacionados a maior pressão dos consumidores nacionais e internacionais frente aos novos paradigmas relacionados às exigências ambientais.

O coeficiente estimado da razão de *decoupling* foi de -0,97, ou seja, uma redução marginal neste indicador incrementa as exportações do complexo soja em 0,97%. A relação negativa entre as exportações e a razão de *decoupling* sugere que à medida que estes países estão melhorando seus níveis de regulação ambiental e suas práticas ambientais, em busca de modelos mais sustentáveis de produção, suas exportações de soja reagem positivamente.

Buscando encontrar um indicador que reflita melhor possíveis relações entre as variáveis ambientais e as comerciais, além da razão de *decoupling*, foram analisadas diferentes variáveis, como a área florestal com relação à área total do país exportador, o índice de vitalidade ecossistêmica. A primeira variável, proveniente do *World Bank*, capta o ritmo de expansão da agropecuária e, eventualmente, de outras atividades, sobre a área florestal. Portanto, sua redução em conjunto com um aumento das exportações pode indicar que os requisitos ambientais são válidos para restringir a área de produção a locais ambientalmente sensíveis, como as florestas. Por outro lado, não se pode distinguir se a mudança na área florestal se deve à cultura de soja ou à outra atividade.

O índice de vitalidade ecossistêmica, de Hsu et al. (2015), é mais abrangente, tratando do destino dos resíduos, de subsídios à agricultura, áreas protegidas, tendências na intensidade de carbono, entre outros temas relativos ao desempenho ambiental dos países exportadores, incluindo em seu cômputo, também, mudanças na cobertura vegetal. Porém, assim como a área florestal, este índice não abrange apenas a cultura de soja. Além disso, o período disponibilizado é menor, iniciando a partir de 2002.

3.5 Conclusões

A equação gravitacional gerou resultados robustos, sobretudo quando estimada pelo método PPML, que corrige a heterocedasticidade. Portanto, este resultado corrobora com os demais estudos que utilizam a equação gravitacional, mostrando sua adequada funcionabilidade.

O coeficiente da variável ambiental, a razão de *decoupling* para a cultura de soja, apresentou sinal negativo, o que neste caso, indica significa que uma redução deste indicador

leva a um aumento médio de 0,97% nas exportações do complexo soja. Esse resultado é conveniente, uma vez que dele se entende que o mercado consumidor internacional está exigente e as exportações do complexo soja respondem positivamente a melhorias nas políticas ambientais. Ou que, de um modo ou de outro, as exportações dessa oleaginosa e de seus derivados aumenta ao mesmo tempo em que sua produção nos países exportadores vem ocorrendo com coeficientes de emissão de NO_2 cada vez menores por unidade de produto. Isto decorre de introdução de tecnologias mais sustentáveis e, eventualmente, pode ser uma resposta à pressão crescente dos importadores e consumidores por uma produção sustentável.

O coeficiente negativo da razão de *decoupling* explicando as exportações do complexo soja comprovam a tese de Porter e Linde de que é possível produzir de forma ambientalmente correta e aumentar a competitividade no mercado internacional.

Numa visão mais ampla, é preciso evoluir em indicadores ambientais e mesmo em aspectos metodológicos que possam refletir melhor possíveis relações entre as variáveis ambientais e as comerciais e permitir análises mais pormenorizadas sobre os reais efeitos das políticas ambientais e requisitos de sustentabilidade sobre os fluxos comerciais. Atualmente, notificações aos acordos multilaterais envolvendo temática ambiental podem e vêm sendo inseridas em modelos para comércio, mas o ideal seria identificar efetivamente aquelas medidas de requisitos ambientais que podem resultar diretamente em impedimento ao comércio ou a estímulo comercial. Portanto, esta é uma área em que o desenvolvimentno metodológico e das bases de dados no futuro, permitirão maiores avanços e resultados mais assertivos.

Referências

ANDERSON, J. E. A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. **American Economic Review**, Pittsburgh, PA, v. 69, n. 1, p. 106-116, 1979.

ANDERSON, J. E. **The gravity model**. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, 2010. Working Paper 16576.

ANDERSON, J. E., VAN WINCOOP, E. Gravity with gravitas: A solution to the border puzzle. **American Economic Review**, Pittsburgh, PA, v. 93, n. 1, p. 170-192, 2003.

ANDERSON, J. E., VAN WINCOOP, E. Trade Costs. **Journal of Economic Literature**, Pittsburgh, PA, v. 42, n. 3, p. 691-751, 2004.

BAIER, S. L.; BERGSTRAND, J. H. Do free trade agreements actually increase members' international trade? **Journal of International Economics**, [s.l.], v. 71, n. 1, p. 72-95, 2007.

BARONA, E.; RAMANKUTTY, N.; HYMAN, G.; COOMES, O. T. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, Bristol, BS, v. 5, n. 2, p. 1-9, 2010.

BAUM, C. F. Residual diagnostics for cross-section time series regression models. **The Stata Journal**, College Station, TX, v. 1, n. 1, p. 101-104, 2001.

BERGSTRAND, J. H. The Gravity Equation in International Trade: some Microeconomic Foundations and Empirical Evidence. **Review of Economics and Statistics**, Cambridge, MA, vol. 67, n. 3, p. 474-481, 1985.

BERGSTRAND, J. H.; EGGER, P. Gravity equations and economic frictions in the world economy. **Palgrave Handbook of International Trade**, [s.l.], p. 532-570, 2011.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial**, Brasília, 28 mai. 2012.

CARRÈRE, C. Revisiting the effects of regional trade agreements on trade flows with proper specification of the gravity model. **European Economic Review**, [s.l.], v.50, n. 2, p. 223-247, 2006.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S. O.; MATALLO, M. B. SPADOTTO, C. A. Review of potential environmental impacts of transgenic glyphosate-resistant soybean in Brazil, **Journal of Environmental Science and Health Part B**, [s.l.], v. 42, n. 5, p. 539-549, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Safras. **Séries históricas**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso: 20 jun. 2015.

DEARDORFF, A. Determinants of bilateral trade: does gravity work in a neoclassical world? In: **The regionalization of the world economy**. Chicago, IL: University of Chicago Press, p. 7-32, 1998.

DISDIER, A. C.; FONTAGNÉ, L.; MIMOUNI, M. The impact of regulations on agricultural trade: evidence from the SPS and TBT agreements. **American Journal of Agricultural Economics**, Oxford, OXF, v. 90, n. 2, p. 336-350, 2008.

DRUKKER, D. M. Testing for serial correlation in linear panel-data Models. **The Stata Journal**, College Station, TX, v. 3, n. 2, p. 168-177, 2003.

EDERINGTON, J.; MINIER, J. Is environmental policy a secondary trade barrier? An empirical analysis. **Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économie**, [s.l.], v. 36, n. 1, p. 137-154, 2003.

EVENETT, S. J.; KELLER, Wolfgang. On theories explaining the success of the gravity equation. **Journal of Political Economy**, Chicago, IL, v. 110, n. 2, p. 281-316, 2002.

FAOSTAT. **Emissions - Agriculture**. Crop. Residues. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/>. Acesso:01 jul. 2016.

FEIX, R. D. **Regulação ambiental, competitividade e padrões de comércio internacional no setor do agronegócio**. 2008. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz: Piracicaba, 2008. 125 p.

FRANKEL, J. A. **Regional trading blocs in the world economic system**. Washington, D.C.: Institute for International Economics, 1997. 364 p.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 7 ed. Harlow, LO: Pearson, 2012. 1238 p.

HAUSMAN, A., TAYLOR, E. Panel data and unobservable individual effects. **Econometrica**, New York, NY, v. 49, p 1377-1398, 1981.

HELPMAN, E. Imperfect Competition and International Trade: Evidence from Fourteen Industrial Countries. **Journal of the Japanese and International Economies**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 62-81, 1987.

HOYOS, R. E. de; SARAFIDIS, V. Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. **The Stata Journal**, College Station, TX, v. 6, n. 4, p. 482-496, 2006.

HSU, A.; EMERSON, J.; LEVY, M.; SHERBININ, A. de; JOHNSON, L.; MALIK, O.; SCHWARTZ, J.; JAITEH, M. **The 2014 Environmental Performance Index**. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy. Disponível: <http://www.epi.yale.edu>. Acesso em: 03 jul. 2015.

JUG, J.; MIRZA, D. Environmental regulations in gravity equations: evidence from Europe. **The World Economy**, [s.l.], v. 28, n. 11, p. 1591-1615, 2005.

KRUGMAN, P. Increasing Returns, Monopolistic Competition, and International Trade. **Journal of International Economics**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 469-479, 1979.

KRUGMAN, P.; OBSTFELD, M.; MELITZ, M. **International economics: theory & policy**. 9 ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2012. 736 p.

LINNEMANN, H. **An econometric study of international trade flows**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1966. 234 p.

MAYER, T.; ZIGNAGO, S. Notes on CEPII's distances measures: the GeoDist Database. **CEPII Working Paper**, Paris, v. 25, 2011.

MCCALLUM, J. National borders matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns. **American Economic Review**, Pittsburgh, PA, v. 85, n. 3, p. 615-638, 1995.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, MCTI. 2014. 2ª ed. 164 p.

MIRANDA, S. H. G. de. **Obstáculos ambientais ao comércio**: desafios conceituais, de classificação e teste empírico. Tese (Livre-Docência). 2014. 116 p. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (OECD/FAO). **OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025**. Paris: OECD Publishing, 2016. Paris. 133 p.

PESARAN, M. H. General diagnostic tests for cross section dependence in panels., **Cambridge Working Papers in Economics**, Cambridge, CAM, n. 0435. 2004.

PORTER, M. E.; LINDE, C. van der. Green and competitive: ending the stalemate. **Harvard Business Review**, Water Town, MA, v. 73, n. 5, p. 120-134, 1995.

PÖYHÖNEN, P. A Tentative Model for the Volume of Trade between Countries. **Weltwirtschaftliches Archiv**, [s.l.], v. 90, n. 1, p. 93-100, 1963.

RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; AGUIAR, D. A.; MOREIRA, M. A.; MELLO, M. P.; FABIANI, L.; AMARAL, D. F.; PIRES, B. M. The soy moratorium in the Amazon biome monitored by remote sensing images. **Remote Sensing**, Basel, v. 3, n. 1, p. 185-202, 2011.

SILVA, J. M. C. S.; TENREYRO, S. The Log of Gravity. **The Review of Economics and Statistics**, Cambridge, MA: MIT Press, v. 88, n. 4, p. 641–658, 2006.

TINBERGEN, J. **Shaping the world economy**: Suggestions for an international economic policy. New York: Twentieth Century Fund, 1962. 346 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **International Resource Panel. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth**. 2011. 174p. Disponível em: http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf. Acesso: 07 jul. 2016.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge, MA: MIT Press, 2002. 752 p.

WORLD BANK. **Data Bank**. Disponível em: <http://databank.worldbank.org/>. Acesso: 25 jul. 2015.

WORLD INTEGRATED TRADE SOLUTION (WITS). UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE (UNCOMTRADE). **Trade Data**. Disponível: <http://wits.worldbank.org/>. Acesso em: 07 jul. 2015.

APÊNDICE

Apêndice A - Resultados econométricos do modelo gravitacional estimado por PPML

(continua)

Variáveis	Coefficiente	d.p.	z
k	-11.75	0.654	-17.950
PIBI	0.07	0.058	1.150
PIBJ	1.10	0.034	32.590
DIST	0.41	0.023	17.660
LANG	1.64	0.125	13.160
FRONT	-1.90	0.132	-14.380
EU	0.74	0.369	2.010
DR	-0.97	0.532	-1.830
ArgentinaAlgeria	0.59	0.216	2.740
ArgentinaAustralia	-2.63	0.267	-9.870
ArgentinaBangladesh	0.60	0.219	2.720
ArgentinaBelgium	-2.36	0.460	-5.140
ArgentinaCanada	-8.52	0.274	-31.100
ArgentinaChile	0.70	0.182	3.850
ArgentinaChina	-1.13	0.319	-3.540
ArgentinaColombia	-1.69	0.338	-5.010
ArgentinaCostaRica	-3.97	0.303	-13.110
ArgentinaCuba	-1.91	0.322	-5.910
ArgentinaDenmark	-0.98	0.455	-2.160
ArgentinaDominicanRepublic	-0.82	0.311	-2.650
ArgentinaEcuador	-0.79	0.311	-2.540
ArgentinaEgypt,ArabRep.	0.75	0.224	3.360
ArgentinaElSalvador	-3.40	0.303	-11.240
ArgentinaFrance	-4.06	0.486	-8.350
ArgentinaGermany	-4.72	0.492	-9.590
ArgentinaGreece	-2.11	0.454	-4.640
ArgentinaGuatemala	-1.79	0.310	-5.800
ArgentinaHonduras	-2.74	0.292	-9.400
ArgentinaHongKong,China	-3.97	0.246	-16.180
ArgentinaIndia	-1.07	0.279	-3.840
ArgentinaIndonesia	-0.50	0.255	-1.950
ArgentinaIran,IslamicRep.	0.11	0.242	0.470
ArgentinaIreland	-1.98	0.449	-4.400
ArgentinaIsrael	-2.66	0.231	-11.500
ArgentinaItaly	-2.36	0.483	-4.880
ArgentinaJamaica	-1.52	0.176	-8.620
ArgentinaJapan	-6.17	0.333	-18.500
ArgentinaJordan	0.94	0.183	5.160
ArgentinaKorea,Rep.	-2.14	0.282	-7.600
ArgentinaLatvia	0.16	0.396	0.400
ArgentinaLibya	-0.24	0.203	-1.190
ArgentinaMalaysia	0.24	0.234	1.020

Modelos	Coeficiente	d.p.	z
			(continuação)
ArgentinaMexico	-6.17	0.386	-15.970
ArgentinaMorocco	0.31	0.207	1.480
ArgentinaNetherlands	-1.10	0.467	-2.360
ArgentinaNicaragua	-1.60	0.287	-5.550
ArgentinaNorway	-5.31	0.245	-21.630
ArgentinaPakistan	-0.96	0.227	-4.220
ArgentinaPanama	-1.66	0.299	-5.550
ArgentinaPeru	-0.57	0.319	-1.800
ArgentinaPhilippines	0.00	0.231	0.000
ArgentinaPoland	-1.17	0.416	-2.800
ArgentinaPortugal	-2.44	0.449	-5.440
ArgentinaRomania	-1.79	0.388	-4.620
ArgentinaRussianFederation	-4.13	0.275	-15.020
ArgentinaSaudiArabia	-2.25	0.248	-9.070
ArgentinaSlovenia	-2.23	0.385	-5.790
ArgentinaSouthAfrica	-0.17	0.229	-0.730
ArgentinaSpain	-3.39	0.559	-6.070
ArgentinaSyrianArabRepublic	1.04	0.213	4.870
ArgentinaThailand	-0.18	0.244	-0.740
ArgentinaTunisia	1.02	0.197	5.190
ArgentinaTurkey	-1.76	0.255	-6.900
ArgentinaUnitedArabEmirates	-1.77	0.235	-7.530
ArgentinaUnitedKingdom	-3.73	0.486	-7.670
ArgentinaUnitedStates	-7.26	0.343	-21.200
ArgentinaVenezuela	-1.81	0.343	-5.280
ArgentinaVietnam	1.02	0.216	4.730
BrazilAlgeria	-1.12	0.130	-8.670
BrazilAustralia	-3.87	0.190	-20.360
BrazilBangladesh	-0.39	0.136	-2.900
BrazilBelgium	-2.18	0.415	-5.250
BrazilCanada	-7.88	0.194	-40.590
BrazilChile	-2.54	0.116	-21.950
BrazilChina	-0.42	0.240	-1.760
BrazilColombia	-0.52	0.003	-162.770
BrazilCostaRica	-3.49	0.101	-34.730
BrazilCuba	0.29	0.117	2.490
BrazilDenmark	-2.24	0.411	-5.440
BrazilDominicanRepublic	-1.60	0.105	-15.210
BrazilEcuador	-1.97	0.104	-18.870
BrazilEgypt,ArabRep.	-1.23	0.139	-8.900
BrazilElSalvador	-5.14	0.105	-48.780
BrazilFrance	-2.26	0.437	-5.180
BrazilGermany	-2.84	0.443	-6.420

Modelos	Coeficiente	d.p.	z
			(continuação)
BrazilGreece	-2.86	0.410	-6.970
BrazilGuatemala	-2.30	0.105	-21.860
BrazilHonduras	-4.71	0.097	-48.350
BrazilHongKong,China	-2.70	0.167	-16.150
BrazilIndia	-2.45	0.198	-12.410
BrazilIndonesia	-1.61	0.174	-9.280
BrazilIran,IslamicRep.	-0.05	0.157	-0.330
BrazilIreland	-2.47	0.406	-6.090
BrazilIsrael	-2.28	0.148	-15.400
BrazilItaly	-2.79	0.434	-6.430
BrazilJamaica	-3.82	0.105	-36.370
BrazilJapan	-3.91	0.263	-14.880
BrazilJordan	-4.62	0.100	-46.250
BrazilKorea,Rep.	-1.68	0.203	-8.280
BrazilLatvia	-2.01	0.359	-5.610
BrazilLibya	-5.72	0.121	-47.170
BrazilMalaysia	-1.91	0.152	-12.530
BrazilMexico	-3.72	0.186	-19.980
BrazilMorocco	-0.35	0.122	-2.840
BrazilNetherlands	0.04	0.421	0.100
BrazilNicaragua	-5.81	0.103	-56.620
BrazilNorway	-1.26	0.162	-7.820
BrazilPakistan	-2.47	0.143	-17.260
BrazilPanama	-2.16	0.097	-22.250
BrazilPeru	-0.33	0.030	-11.040
BrazilPhilippines	-2.93	0.150	-19.590
BrazilPoland	-3.30	0.367	-8.990
BrazilPortugal	-2.70	0.473	-5.700
BrazilRomania	-1.18	0.343	-3.460
BrazilRussianFederation	-3.41	0.192	-17.730
BrazilSaudiArabia	-1.84	0.165	-11.190
BrazilSlovenia	0.21	0.344	0.620
BrazilSouthAfrica	-2.18	0.147	-14.860
BrazilSpain	-1.40	0.425	-3.300
BrazilSyrianArabRepublic	-2.86	0.144	-19.850
BrazilThailand	0.28	0.163	1.690
BrazilTunisia	-0.69	0.114	-6.030
BrazilTurkey	-2.31	0.171	-13.460
BrazilUnitedArabEmirates	-2.43	0.150	-16.180
BrazilUnitedKingdom	-3.31	0.437	-7.570
BrazilUnitedStates	-6.01	0.268	-22.420
BrazilVietnam	-0.07	0.130	-0.520
UnitedStatesAlgeria	-0.74	0.005	-146.280

Modelos	Coefficiente	d.p.	z
			(continuação)
UnitedStatesAustralia	-5.16	0.188	-27.490
UnitedStatesBangladesh	-1.79	0.004	-406.160
UnitedStatesBelgium	-2.43	0.371	-6.540
UnitedStatesChile	-3.40	0.009	-386.250
UnitedStatesChina	-0.23	0.130	-1.780
UnitedStatesColombia	-0.25	0.002	-106.500
UnitedStatesCostaRica	1.38	0.070	19.810
UnitedStatesCuba	0.71	0.062	11.560
UnitedStatesDenmark	-3.03	0.370	-8.170
UnitedStatesDominicanRepublic	1.69	0.066	25.690
UnitedStatesEcuador	0.21	0.041	4.980
UnitedStatesEgypt,ArabRep.	0.23	0.011	21.330
UnitedStatesElSalvador	1.41	0.085	16.550
UnitedStatesFrance	-4.51	0.381	-11.860
UnitedStatesGermany	-3.16	0.384	-8.240
UnitedStatesGreece	-3.14	0.371	-8.480
UnitedStatesGuatemala	1.38	0.065	21.190
UnitedStatesHonduras	1.79	0.101	17.790
UnitedStatesHongKong,China	-4.09	0.150	-27.300
UnitedStatesIndia	-5.48	0.188	-29.190
UnitedStatesIndonesia	-0.44	0.063	-6.960
UnitedStatesIran,IslamicRep.	-3.39	0.036	-94.480
UnitedStatesIreland	-4.15	0.399	-10.400
UnitedStatesIsrael	-2.31	0.138	-16.690
UnitedStatesItaly	-4.02	0.380	-10.580
UnitedStatesJamaica	0.22	0.106	2.080
UnitedStatesJapan	-2.11	0.133	-15.780
UnitedStatesJordan	-1.26	0.061	-20.820
UnitedStatesKorea,Rep.	-1.37	0.074	-18.540
UnitedStatesLatvia	-1.82	0.342	-5.320
UnitedStatesLibya	-2.92	0.032	-90.380
UnitedStatesMalaysia	-0.89	0.029	-30.920
UnitedStatesMexico	2.48	0.103	23.960
UnitedStatesMorocco	0.75	0.026	28.630
UnitedStatesNetherlands	-1.42	0.373	-3.790
UnitedStatesNicaragua	2.02	0.115	17.490
UnitedStatesNorway	-3.86	0.026	-147.330
UnitedStatesPakistan	-4.36	0.134	-32.540
UnitedStatesPanama	1.04	0.074	13.940
UnitedStatesPeru	-0.82	0.011	-72.870
UnitedStatesPhilippines	-1.36	0.140	-9.720
UnitedStatesPoland	-3.33	0.315	-10.570
UnitedStatesPortugal	-1.63	0.370	-4.410

Modelos	Coefficiente	d.p.	z
			(conclusão)
UnitedStatesRomania	-3.22	0.307	-10.480
UnitedStatesRussianFederation	-3.46	0.075	-46.310
UnitedStatesSaudiArabia	-1.90	0.047	-40.670
UnitedStatesSlovenia	-3.90	0.320	-12.200
UnitedStatesSouthAfrica	-6.00	0.152	-39.360
UnitedStatesSpain	-2.22	0.376	-5.920
UnitedStatesSyrianArabRepublic	-0.11	0.052	-2.130
UnitedStatesThailand	-0.70	0.037	-18.870
UnitedStatesTunisia	0.40	0.047	8.640
UnitedStatesTurkey	-1.16	0.048	-24.130
UnitedStatesUnitedArabEmirates	-3.47	0.027	-127.630
UnitedStatesUnitedKingdom	-6.08	0.426	-14.290
UnitedStatesVenezuela	0.00	(omitted)	
UnitedStatesVietnam	0.00	(omitted)	

Fonte: Resultados do estudo.