



**TIAGO SANTOS TELLES**

**CONSERVAÇÃO DOS SOLOS E PREÇOS DE TERRAS  
AGRÍCOLAS NO BRASIL**

**CAMPINAS  
2015**





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**INSTITUTO DE ECONOMIA**

**TIAGO SANTOS TELLES**

**CONSERVAÇÃO DOS SOLOS E PREÇOS DE TERRAS  
AGRÍCOLAS NO BRASIL**

**Prof. Dr. Bastiaan Philip Reydon - Orientador**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, área de concentração: Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente, do Instituto de Economia, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Econômico, área de concentração: Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente.

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL  
DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO TIAGO SANTOS  
TELLES E ORIENTADO PELO PROF. DR. BASTIAAN  
PHILIP REYDON.**

Orientador

**CAMPINAS  
2015**

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Economia  
Mirian Clavico Alves - CRB 8/8708

T238c Telles, Tiago Santos, 1984-  
Conservação dos solos e preços de terras agrícolas no Brasil / Tiago Santos  
Telles. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Bastiaan Philip Reydon.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de  
Economia.

1. Terras - Mercado. 2. Plantio direto. 3. Solos - Conservação. 4. Agricultura -  
Conservação. I. Reydon, Bastiaan Philip, 1957-. II. Universidade Estadual de  
Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Soil conservation and farmland prices in Brazil

**Palavras-chave em inglês:**

Land - Market

No-tillage

Soil - Conservation

Agriculture - Conservation

**Área de concentração:** Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente

**Titulação:** Doutor em Desenvolvimento Econômico

**Banca examinadora:**

Bastiaan Philip Reydon [Orientador]

Alexandre Gori Maia

Ademar Ribeiro Romeiro

Jorge Madeira Nogueira

Tiago Pellini

**Data de defesa:** 23-02-2015

**Programa de Pós-Graduação:** Desenvolvimento Econômico



**TESE DE DOUTORADO**

**TIAGO SANTOS TELLES**

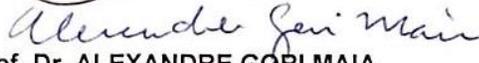
**CONSERVAÇÃO DOS SOLOS E PREÇOS DE TERRAS  
AGRÍCOLAS NO BRASIL**

**Defendida em 23/02/2015**

**COMISSÃO JULGADORA**



**Prof. Dr. BASTIAAN PHILIP REYDON**  
Instituto de Economia / UNICAMP



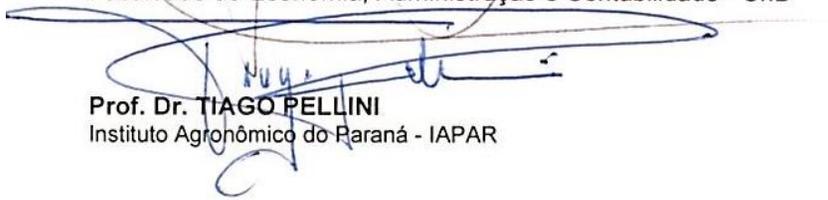
**Prof. Dr. ALEXANDRE GORI MAIA**  
Instituto de Economia / UNICAMP



**Prof. Dr. ADEMAR RIBEIRO ROMEIRO**  
Instituto de Economia / UNICAMP



**Prof. Dr. JORGE MADEIRA NOGUEIRA**  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - UnB



**Prof. Dr. TIAGO PELLINI**  
Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bastiaan Philip Reydon, pela contribuição fundamental para o desenvolvimento dessa Tese.

Aos professores do Instituto de Economia (IE) que fizeram parte de minha formação. Em especial, ao Prof. Dr. Alexandre Gori Maia.

Aos amigos e funcionários do Núcleo de Economia Agrícola e Ambiental (NEA) do IE.

Aos profissionais da secretaria de Pós-Graduação e de todo o IE pelo suporte administrativo.

Aos colegas dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Econômicas e em Desenvolvimento Econômico do IE pela amizade que foi construída ao longo desses anos.

Aos Senhores Antônio Carlos Simões Florido e Luiz Fernando Pereira Rodrigues, da Gerência Técnica do Censo Agropecuário, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Aos colegas de trabalho do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

Aos amigos de longa data pelo companheirismo e sinceridade.

À minha família.



## RESUMO

Os preços de terras agrícolas podem ser determinados tanto pelos fatores produtivos quanto pelos fatores especulativos. Entre os fatores produtivos, é reconhecido que investimentos na conservação dos solos em áreas destinadas às atividades agropecuárias podem valorizar as terras agrícolas. O plantio direto na palha é uma tecnologia que integra diretrizes da agricultura conservacionista e que garante uma série de vantagens à produção agropecuária, com possíveis impactos no preço das terras, o que contribui para que a adoção desse tipo de preparo do solo esteja crescendo no Brasil. Essa expansão foi de tal grandeza que no Censo Agropecuário 2006, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi dedicada uma seção específica para o levantamento de informações sobre os tipos de preparo do solo. Esse levantamento possibilitou o cruzamento de informações sobre os tipos de preparo do solo com o preço das terras agrícolas, oferecendo a possibilidade de verificar se as terras utilizadas com o plantio direto na palha são mais valorizadas do que aquelas utilizadas com outros tipos de preparo, ou seja, cultivo convencional ou cultivo mínimo. Os resultados indicaram que no Estado do Paraná as terras agrícolas em áreas de lavouras temporárias com plantio direto na palha, quando comparadas aos demais tipos de preparo, são mais valorizadas. Essa valorização das terras associada ao plantio direto na palha também pode ser observada em outras Unidades da Federação, tais como Bahia, São Paulo, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Mas o fenômeno da expansão do plantio direto na palha e aumento do valor das terras que utilizam a tecnologia pode estar relacionado a outros aspectos técnicos e econômicos inerentes a esta tecnologia, dentre os quais: a redução de risco de perdas de produção associados às questões climáticas e de custos, redução no número de operações agrícolas em comparação aos outros tipos de preparo e simplificação na gestão da propriedade agrícola. Adicionalmente, outro fator que pode ter influenciado essa relação entre plantio direto e valorização das terras agrícolas foram ações governamentais, por meio de programas e políticas públicas com foco na conservação e recuperação dos solos. Isso suscita a questão de que é válido investigar com mais profundidade a repercussão do programas dessa natureza na valorização do ativo terra enquanto fator para a tomada de decisão dos agricultores na adoção de práticas propostas pela agricultura conservacionista.

**Palavras-chave:** mercado de terras, plantio direto na palha; conservação do solo; agricultura conservacionista.



## ABSTRACT

The cost of farm lands is determined by both productive and speculative factors. Soil conservation is one such factor that might result in the appreciation of areas dedicated to agriculture. The no-tillage (NT) is a technology integrating the guidelines of conservation agriculture and ensures several advantages to agricultural productions. It also impacts land prices and, in turn, favors the adoption of this type of soil preparation in Brazil. The expansion of the use of the NT was so significant that the 2006 Agricultural Census, carried out by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), dedicated one specific section for the acquisition of information about the types of soil preparation. The collected data allowed the study of the correlation between the type of soil preparation and the cost of farm lands. In particular, it enabled the comparison between the direct prices of lands using NT or other soil preparation, that are conventional tillage and minimum tillage. The results indicate that, in Parana State, farm lands in large areas of annual crops using NT are negotiated at higher prices comparison with land using other forms of soil preparation. This Brazilian farm land appreciation in association with the NT was also observed in other Federation units, such as Bahia, São Paulo, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso and Goiás. The observed higher prices might also be associated with other technical and economical aspects, inherent to the NT, such as the reduction of risk of yield loss due to climate issues and decreased costs, diminished number of agriculture operations, in comparison with the other types of soil preparation and simplified management of the property. Additionally, another factor that might have influence on this relationship between the NT and the appreciation of the farm lands were governmental actions, represented by public programs and policies focusing on the conservation and restoration of soils. It raises the question that it is important to investigate more deeply the repercussion of such policies in the appreciation of land as an asset in the farmer's decision to adopt practices of the tillage conservation agriculture.

**Keywords:** land markets; no-tillage; soil conservation; conservationist agriculture.



## LISTA DE TABELAS

3.1 Percentual de ocupação da área de lavouras temporárias e preços das terras agrícolas segundo o tipo de preparo do solo no Brasil, nas Grandes Regiões e nas Unidades da Federação.....	071
3.2 Percentual do número de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas (plantio em nível, terraços e rotação de culturas) por tipo de preparo do solo, na Região Sul do Brasil.....	077
3.3 Percentual do número de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas (plantio em nível, terraços e rotação de culturas), por tipo de preparo do solo, na Região Centro-Oeste do Brasil.....	079
3.4 Percentual do número de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas (plantio em nível, terraços e rotação de culturas), por tipo de preparo do solo, na Região Sudeste do Brasil.....	081
3.5 Percentual de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas por tipo de preparo do solo, na Região Nordeste do Brasil.....	082
3.6 Percentual de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas por tipo de preparo do solo, na Região Norte do Brasil.....	084
4.1 Resultados do modelo de regressão.....	107



## LISTA DE FIGURAS

3.1 Plantio em nível .....	065
3.2 Terraço agrícola.....	066
3.3 Sucessão de culturas.....	066
3.4 Participação relativa dos tipos de preparo do solo (cultivo convencional, cultivo mínimo, plantio direto na palha e misto), nas áreas de lavouras temporárias, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação .....	072
3.5 Preços das terras agrícolas por tipo de preparo do solo (cultivo convencional, cultivo mínimo, plantio direto na palha e misto), nas áreas de lavouras temporárias, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação do Brasil, em R\$ por ha <sup>-1</sup> .....	073
4.1 Grupos de qualidade dos solos estabelecidos pelo Zoneamento Econômico Ecológico (ZEE) do estado do Paraná, para os 399 municípios.....	100
4.2 Microrregiões do Estado do Paraná.....	101
4.3 Percentual de ocupação da área de lavouras temporárias e preços das terras agrícolas com plantio direto na palha no Estado do Paraná.....	106



## LISTA DE QUADROS

4.1 Descrição das variáveis explanatórias utilizadas no modelo econométrico .....	103
---	-----



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	001
<b>CAPÍTULO 1. Determinantes dos preços das terras</b> .....	007
1.1 <b>Pré-clássicos, clássicos e neoclássicos</b> .....	007
1.2 <b>Uma abordagem pós-keynesiana</b> .....	017
1.3 <b>O paradoxo do preço da terra</b> .....	020
1.4 <b>Os determinantes do preço da terra no Brasil</b> .....	023
1.5 <b>As economias agrícola e do meio ambiente e a preocupação com a terra</b> .....	030
<b>CAPÍTULO 2. Aspectos técnicos e econômicos da conservação do solo no Brasil</b> .....	035
2.1 <b>Por que conservar o solo?</b> .....	035
2.2 <b>Aspectos técnicos e ambientais da conservação do solo no Brasil</b> .....	037
2.3 <b>Aspectos econômicos da conservação do solo</b> .....	045
2.3.1 <i>Custos on-site e off-site da erosão do solo</i> .....	047
2.4 <b>Considerações finais</b> .....	057
<b>CAPÍTULO 3. O preparo do solo e práticas conservacionistas no Brasil</b> .....	059
3.1 <b>Os principais tipos de preparo do solo no Brasil</b> .....	059
3.1.1 <i>O (sistema) plantio direto na palha no Brasil</i> .....	061
3.2 <b>Práticas conservacionistas do solo no Brasil: plantio em nível, terraços agrícolas e rotação de culturas</b> .....	064
3.3 <b>Conceitos, material e métodos</b> .....	067
3.4 <b>Resultados</b> .....	070
3.4.1 <i>Região Sul</i> .....	075
3.4.2 <i>Região Centro-Oeste</i> .....	077
3.4.3 <i>Região Sudeste</i> .....	079
3.4.4 <i>Região Nordeste</i> .....	081
3.4.5 <i>Região Norte</i> .....	082

3.5	<b>Considerações finais</b> .....	084
	<b>CAPÍTULO 4. O plantio direto e o preço das terras agrícolas no Estado do Paraná</b> .....	087
4.1	<b>O uso agrícola das terras no Paraná até 1970</b> .....	087
4.2	<b>Uso agrícola das terras, degradação e conservação dos solos no Paraná</b> .....	089
4.3	<b>Programas e políticas públicas em manejo e conservação do solo no Paraná</b> .....	092
4.4	<b>Material e métodos</b> .....	097
	4.4.1 <i>Dados</i> .....	097
	4.4.2 <i>Modelo econométrico</i> .....	102
4.5	<b>Resultados</b> .....	105
4.6	<b>Considerações finais</b> .....	111
	<b>Conclusões</b> .....	113
	<b>Referências</b> .....	117

## **Introdução**

Substrato do ecossistema terrestre essencial às atividades agropecuárias, o solo é um recurso natural imprescindível para a humanidade. Trata-se de um elemento estratégico, limitado, com grande importância social, econômica e ambiental. Nesse sentido, a degradação das terras agrícolas, sobretudo pelo processo de erosão do solo, coloca-se como uma questão central no debate econômico, em função dos prejuízos que causa tanto para os agricultores quanto para a sociedade, tornando-se um obstáculo à sustentabilidade.

Isso ocorre porque o solo – fina e frágil camada que recobre a superfície da terra e que leva milhões de anos para ser formado – pode ser degradado e perdido pela erosão em poucos anos de uso. A erosão do solo consiste no desprendimento e arraste de partículas, causados pela ação da água e do vento. A forma hídrica de erosão, que atinge a maior parte do planeta (ZACHAR, 1982), é causada pela chuva e pelo escoamento superficial. Embora a erosão seja um processo natural, a ação antrópica, ou seja, o manejo inadequado do solo pelo homem, pode acelerar esse processo, resultando, com o tempo, em limitações à capacidade e ao potencial produtivo das terras agrícolas. Isso ocorre sobretudo porque a erosão altera as características químicas, físicas e biológicas do solo (LAL, 2000; 2006), contribuindo para o declínio de sua fertilidade e, em consequência, da sua produtividade (PIMENTEL ET AL., 1995; MORGAN, 2005), ou seja, reduzindo a sua capacidade de produzir alimentos, forragens, fibras e biomassa para energia.

Assim, pode-se dizer que com a erosão as terras se tornam menos produtivas, em função das perdas da estrutura do solo, da matéria orgânica e de seus elementos nutritivos. Essas perdas podem ser potencializadas pelo cultivo convencional, que consiste em operações de revolvimento superficial que visam, principalmente, a eliminação e/ou enterrio da cobertura vegetal, normalmente realizadas com arados de disco ou de aiveca e grade aradora. Como consequência, a superfície do solo fica desprotegida e exposta às intempéries, ficando mais suscetível à erosão.

No intuito de controlar os processos erosivos foi introduzida a agricultura conservacionista, ou seja, um complexo tecnológico, de enfoque sistêmico, com o objetivo

otimizar o uso dos recursos naturais mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade do agroecossistema, devidamente compatibilizado com o uso de insumos externos. A agricultura conservacionista contempla, entre outras práticas: redução ou eliminação de mobilizações de solo; preservação de resíduos culturais na superfície do solo; manutenção de cobertura permanente do solo; ampliação da biodiversidade, mediante cultivo de múltiplas espécies, em rotação e/ou consorciação de culturas e uso de adubos verdes ou de culturas de cobertura de solo; diversificação e complexificação de sistemas agrícolas produtivos, como sistemas agropastoris, agroflorestais e agrosilvipastoris; manejo integrado de pragas, patógenos e plantas daninhas; uso preciso de agroquímicos; controle de tráfego de máquinas e de equipamentos agrícolas; emprego de práticas mecânicas para controle de erosão; e abreviação do intervalo entre a colheita e a semeadura da cultura subsequente, mediante implementação do processo colher-semear. Esse conjunto de práticas busca a sustentação produtiva dos sistemas agrícolas, prevenindo a poluição e a degradação. Mediante o emprego contínuo destas práticas, o solo agrícola se torna potencialmente mais estável e produtivo. No Brasil, a abordagem conservacionista da agricultura tem no plantio direto na palha a sua melhor representação, o qual tem sido interpretado como sistema que imprime sustentabilidade ao desenvolvimento das atividades agrícolas.

Em contraponto, o cultivo convencional, envolvendo aração, gradagens e demais atividades de intensa mobilização dos solos, conduz a uma série de danos ao solo. As suas externalidades, como o elevado índice de erosão e conseqüente assoreamento dos mananciais da superfície, geram grandes impactos para as usinas hidrelétricas e, conseqüentemente, na geração de energia e, para os serviços de abastecimento e fornecimento de água tratada. Causam ainda empobrecimento, compactações e, por vezes, esterilização do solo.

O plantio direto na palha é uma modalidade diferenciada de preparo do solo, que visa diminuir o impacto das atividades agrícolas, que usam, sobretudo, máquinas e implementos que causam revolvimento sobre a estrutura do solo. No plantio direto na palha os resíduos vegetais das culturas antecessoras são mantidos na superfície do solo, garantindo cobertura e proteção a ele contra o processo de erosão. Além disso, o solo só é manipulado, no momento do plantio, quando é aberto um sulco onde são depositados sementes e fertilizantes. Entre os benefícios podemos destacar, conforme Paterniani (2001), Fidelis et al. (2003), Hobbs et al. (2008), Silva et

al., (2009), Lal (2013): diminuição dos custos de produção e dos impactos ambientais; maior retenção de água no solo; facilidade de infiltração da água no solo; redução da erosão e da perda de nutrientes por arraste de partículas; redução do risco de assoreamento de rios; enriquecimento do solo por manter matéria orgânica em sua superfície por mais tempo; menor compactação do solo; economia de combustíveis; menor número de operações agrícolas; redução de riscos climáticos que possam afetar a produção e as colheitas; evita a erosão e a compactação do solo; melhora o aproveitamento e disponibilidade de água; melhora a capacidade tampão do solo; aumenta matéria orgânica no solo; aumenta a quantidade de minhocas e microrganismos; aumenta a disponibilidade de N, P e K; reduz a toxicidade do Al, Mn, Cd e pesticidas; permite sementeiras mais oportunas; proporciona mais tempo para outras atividades; tem menores custos de produção; contribui para o sequestro de carbono; tem um menor uso e menor desgaste de tratores. Por isso, houve no Brasil, nos últimos anos, um aumento significativo na utilização do plantio direto na palha, em lugar do cultivo convencional (DERPSCH et al., 2010; LLANILLO et al., 2013).

As terras agrícolas são um ativo econômico e seus preços são determinados, entre outros fatores, pela capitalização de rendas futuras, as quais por sua vez são relacionadas à capacidade produtiva dos solos e aos retornos de produção esperados. Assim, os investimentos no manejo conservacionista, ao contribuir para melhoria da qualidade do solo, minimizando os danos e os custos associados à erosão solo, podem gerar uma valorização das terras agrícolas.

Em outras palavras, pode-se dizer que, do ponto de vista privado – do produtor – as perdas de solo por erosão tendem a aumentar, em médio e longo prazo, os custos de produção, pois haverá demanda de um volume cada vez maior de insumos agrícolas, como corretivos e fertilizantes para a manutenção da produtividade, custos com replantio, redução do rendimento operacional das máquinas e aumento dos gastos com práticas para o controle dos processos erosivos. Por outro lado, o plantio direto na palha – manejo conservacionista –, ao facultar ao solo melhorias em seus atributos químicos, físicos e biológicos, propiciando melhorias em sua qualidade, garante, conseqüentemente, uma maior produtividade e uma redução dos custos de produção. Nesse contexto, o plantio direto na palha, ao representar um diferencial na renda da terra, pode ser um determinante dos seus preços, possibilitando uma valorização das terras agrícolas pela sua utilização. Assim, torna-se importante verificar a hipótese de que as terras

agrícolas de lavouras temporárias com plantio direto na palha, comparadas às terras com outros tipos de preparo do solo – cultivo convencional e cultivo mínimo – são, de fato, mais valorizadas.

Nesse sentido, sugere-se que terras agrícolas melhor conservadas, que oferecem menores riscos de produção, terão preferência nas relações de troca, mesmo em mercados especulativos, sendo possível inferir que elas, *ceteris paribus*, apresentarão uma maior liquidez e melhores preços. Ou seja, o manejo conservacionista, aqui expresso pela prática do plantio direto na palha, ao contribuir para melhoria da qualidade do solo, e minimizar os efeitos da erosão, valoriza as terras agrícolas.

Entre os estudos que buscaram estabelecer a relação entre a conservação ou a degradação dos solos e o preço das terras agrícolas, destacam-se os de Ervin e Mill (1985), Fletcher (1985), Hertzler et al. (1985), Palmquist e Danielson (1989), Lloyd et al. (1991), Reydon (1992), Hallam et al. (1992), Lloyd (1994), Reydon e Cornélio (2006) e Smith et al. (2010). No Brasil, pesquisas relacionando a erosão e o impacto de programas governamentais focados na conservação do solo ao valor das terras agrícolas, foram apresentadas por Brandão (1985) e Michellon e Reydon (2003, 2006). Entretanto, não existem no país estudos que relacionem diretamente plantio direto na palha, enquanto tecnologia de conservação do solo, com o preço das terras agrícolas.

Provavelmente a grande dificuldade em realizar estudos dessa magnitude no Brasil residia na limitação de dados que permitissem estabelecer uma correta relação entre o plantio direto na palha e preço das terras agrícolas. No entanto, com a realização do Censo Agropecuário 2006, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibilizando informações acerca dos tipos de preparo do solo (cultivo convencional, cultivo mínimo e plantio direto na palha) nas áreas de lavouras temporárias, bem como informações sobre os preços das terras agrícolas, torna-se possível realizar essa análise para o Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, entre outros. Nesse contexto, o Estado do Paraná é uma das Unidades da Federação que merece uma análise mais pormenorizada, tanto em função de seu rico histórico de ações públicas, por meio de programas realizada com foco na conservação do solo e da água, quanto pelo fato de possuir uma elevada participação das áreas de lavouras temporárias que utilizam o plantio direto na palha na área total de lavouras anuais e, ainda, por seu papel de destaque na produção agrícola brasileira.

Vale destacar que a apresentação destas informações aos agricultores, sociedade e governo é de extrema importância, visto que podem favorecer a percepção sobre as vantagens do plantio direto na palha, principalmente quando comparado ao cultivo convencional, nesse caso no que diz respeito à valorização ou não das terras agrícolas, sendo mais um elemento na tomada de decisão desses agentes que podem influenciar na direção de práticas mais sustentáveis na agricultura. Além disso, os resultados desta pesquisa podem ser um importante subsídio para a mobilização política e social em relação aos programas de conservação do solo e à regulamentação da legislação conservacionista no país.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo verificar se a utilização do plantio direto na palha, em comparação aos outros tipos de preparo do solo, tem alguma relação com o preço das terras agrícolas no Brasil, nas Grandes Regiões, nas Unidades da Federação, e se apresenta alguma evidência no caso do Estado do Paraná.

Além desta introdução, a tese é composta de mais quatro capítulos. No Capítulo 1 é apresentado o referencial teórico sobre os determinantes dos preços das terras agrícolas. O Capítulo 2 traz uma breve revisão sobre os aspectos técnicos e econômicos da conservação solos, bem como os princípios da agricultura conservacionista. No Capítulo 3 são analisados os dados sobre o preparo do solo e as práticas conservacionistas no Brasil. O Capítulo 4 trata da conservação do solo, do plantio de direto na palha e do preço das terras agrícolas no Estado do Paraná, com a descrição dos dados, o modelo teórico, o método de estimação e os principais resultados desta pesquisa. Por fim, há uma seção de conclusão da tese.



## **CAPÍTULO 1. Determinantes dos preços das terras**

Na literatura econômica há inúmeras hipóteses sobre quais são os fatores determinantes dos preços das terras. A relevância do mercado de terras na dinâmica econômica capitalista é demonstrada pela profusa literatura sobre o tema, desde os primórdios daquilo que hoje se considera a moderna ciência econômica. Entre as inúmeras questões suscitadas pelo mercado de terras ao longo da história do pensamento econômico, o modo pelo qual o preço da terra é determinado constitui um dos principais objetos de estudo da área. Desse modo, neste capítulo será apresentado, de forma sucinta, a literatura corrente sobre os determinantes dos preços das terras agrícolas e de forma mais específica, serão apresentados os determinantes dos preços das terras na economia brasileira. Além disso, serão apresentados alguns estudos que estabeleceram uma relação entre a conservação ou a degradação das terras agrícolas com os determinantes dos seus preços.

### **1.1 Pré-clássicos, clássicos e neoclássicos**

Desde os séculos XVIII e XIX, os pensadores da economia davam grande atenção à “terra”. A discussão originária sobre a terra se dá no contexto histórico da revolução industrial e, em particular, das revoluções burguesas europeias, considerado por Moreira (1995) um período de transição. Para o autor, este período histórico está associado à absolutização da propriedade da terra e sua transformação em mercadoria, livre de entraves.

A origem dos estudos da teoria da renda da terra remete ao início dos escritos mercantilistas do século XVII, não como categoria principal, mas procurando estabelecer relações do valor da terra com a taxa de juros – sendo a renda da terra um dos principais fluxos monetários da época. Para os mercantilistas, mesmo com toda sua direção voltada ao comércio, como bem básico de produção, a terra não poderia se tornar mercadoria. Esse mesmo mercantilismo, diferentemente do mercado auto regulável, defendia a intervenção do Estado na economia. Havia grande preocupação com o desenvolvimento do país em relação aos seus recursos naturais. Retomando à ideia de mercado auto regulável, estes exigiam a separação da

sociedade em esferas políticas e econômicas. Para eles, as formas de integração e suas estruturas institucionais de suporte seriam dependentes das relações sociais, da divisão do trabalho, das relações de propriedade, da separação entre consumidores e produtores e da forma de atuação do Estado. Elas constituiriam sistemas de troca e distribuição dos elementos materiais necessários à satisfação das necessidades humanas. As terras agrícolas seriam, então, uma fonte de riqueza.

Os fisiocratas, por sua vez, desenvolveram a ideia de ordem natural, na qual as sociedades humanas estavam sujeitas a leis da natureza. Na esfera econômica, o direito natural das pessoas era desfrutar dos frutos do seu trabalho, desde que isso fosse coerente e respeitasse o direito do outro. Os governos somente deveriam proteger a vida e a propriedade, mantendo a liberdade de contrato. Os fisiocratas eram contra as restrições feudais, mercantilistas e Governamentais. Eles acreditavam que a indústria, o comércio e as profissões eram úteis, mas estéreis, porque simplesmente reproduziam o valor consumido na forma de matérias-primas e subsistência dos trabalhadores. Somente a agricultura era produtiva. Para os fisiocratas, a agricultura gerava um excedente que ia para os proprietários de terra e somente estes deveriam pagar impostos. Estes pensadores atribuem à própria natureza, à fertilidade natural da terra, o poder de gerar um produto líquido (só a natureza fecunda a matéria: as sementes lançadas à terra). Nessa concepção, o trabalho produtivo é aquele que produz um excedente, característica que só se verifica no trabalho desenvolvido na agricultura, não por força de qualquer característica específica que distinga o trabalho agrícola do trabalho desenvolvido em outras atividades, mas em virtude de só ele poder aproveitar esse "dom da natureza". Assim sendo, a terra, bem como o seu valor, eram vistos, também, como fonte de riqueza.

Para Smith (1996 [1776]), o desenvolvimento das sociedades passa, obrigatoriamente, pela renda da terra. Ele considera que toda melhoria da situação da sociedade tende, direta ou indiretamente, a elevar a renda real da terra, a aumentar a riqueza real do proprietário da terra, seu poder de comprar trabalho, ou a produção do trabalho de outras pessoas. A expansão das melhorias e do cultivo da terra tende a elevar a renda da terra de maneira direta. A parcela do proprietário da terra, no processo produtivo, necessariamente aumenta com o crescimento da produção. O autor esclarece que o aperfeiçoamento das forças produtivas tende a reduzir o custo de produção das mercadorias e, dessa maneira, indiretamente, aumentar a renda da terra. Explica ainda que o contrário também pode ocorrer, ou seja, a estagnação das forças

produtivas acarretaria na redução da renda da terra. Em sua teoria, a produção anual total da terra e do trabalho de cada país, naturalmente, dividiria-se em três partes: a renda da terra, os salários da mão-de-obra e o lucro do capital, constituindo assim uma renda para as três categorias de pessoas. Para ele, os interesses dos proprietários de terra estão diretamente ligados aos interesses das duas outras categorias da sociedade evoluída, ou seja, seria a única das três categorias cuja renda não lhes custa nem trabalho nem cuidado, pois esta renda lhes vem, por assim dizer, espontaneamente, independentemente de qualquer plano ou projeto. A renda da terra seria um excedente do qual o proprietário de terras se apropriaria por meio do exercício do seu poder de monopólio. Para o autor, salários, lucros e a renda da terra fazem parte obrigatoriamente do preço dos produtos. Tais considerações levam à ideia de que a renda da terra seria então um preço determinado pelos custos de produção dos seus componentes. Salários, lucro e a renda da terra em si seriam então as três fontes originais de todas as receitas, bem como, de todo o valor de troca. Em síntese, o valor das terras, seria então determinado, pela renda auferida com esta, que por sua vez estaria relacionada à capacidade produtiva da terra e aos os custos de produção.

Malthus (1996 [1798]) partiu do pressuposto de que os recursos naturais, como o solo, são limitados e, se as condições de produção se mantivessem constantes, a população tenderia a se multiplicar ao ponto em que não haveria alimentos suficientes para atender a todos. Desta forma, enquanto a produção de alimentos cresceria em progressão aritmética, a população cresceria em progressão geométrica. Para ele, a renda da terra seria uma parcela da receita, ou seja, poderia ser definida como a parcela de valor do produto total que sobra para o proprietário da terra após o pagamento de todos os custos de produção, de qualquer tipo que seja, incluindo os lucros do capital empregado, estimado de acordo com a taxa de lucros sobre o capital agrícola usual no período considerado. Para ele, o preço alto dos produtos agrícolas - e, portanto, da renda da terra, poderia ser explicado por três elementos: a qualidade da terra em si – sendo a terra um fator de produção superior por produzir um excedente –; o caráter peculiar de seu produto, que cria a sua própria demanda e força uma expansão desta última; e, a escassez relativa das terras mais férteis. O autor considera que quando o capital e o trabalho já tiverem sido empregados nas melhores terras, outras terras menos favoravelmente dotadas com respeito à fertilidade ou à localização, poderão ser ocupadas vantajosamente. Tendo sido reduzidos os gastos com a produção, incluindo os lucros, as terras menos férteis, ou aquelas mais distantes dos mercados, embora, inicialmente, não gerando renda, poderão cobrir integralmente esses gastos e compensar

o produtor. E, novamente, quando os lucros do capital ou os salários do trabalho, ou ambos, tiverem caído mais ainda, terras ainda menos férteis, ou menos favoravelmente localizadas, poderão ser cultivadas. E, a cada etapa adicional, fica claro que, se o preço do alimento não diminui, a renda da terra aumentará. Em conclusão, percebe-se que para esse autor havia uma renda diferencial da terra relacionada às expectativas de produção e à sua localização.

Ricardo (1996 [1817]) introduziu algumas modificações no modelo malthusiano. Concordou com Malthus em que havia um limite para a quantidade da terra e uma variabilidade em relação a sua qualidade. Segundo sua teoria, as melhores terras seriam usadas em primeiro lugar, passando-se a terras piores quando necessário. Em consequência, o custo da produção subiria demasiadamente antes que o limite máximo das terras aráveis tivesse sido alcançado. O ponto em que os custos começariam a subir, bem como a velocidade dessa subida, dependeriam da qualidade das terras disponíveis e do aumento da população, isto é, da demanda. Na teoria ricardiana o exame da renda da terra leva a efeito uma preocupação maior com o comportamento da taxa de lucro, sobretudo com as suas relações com o salário. Para este autor, com a expansão da demanda de produtos agrícolas, devido ao crescimento relativo das atividades não agrícolas no conjunto do sistema econômico, seria necessário cultivar cada vez mais terras de pior qualidade, com maiores custos. Isto levaria a uma crescente elevação real dos preços dos produtos agrícolas e a uma conseqüente redução na taxa de lucro da economia em geral. De acordo com Blaug (1997), um dos temas centrais da economia ricardiana foi a noção de que o crescimento econômico chegaria a um impasse devido à escassez dos recursos naturais.

Assim, Smith, Ricardo e Malthus, acreditavam que o principal determinante do valor das terras – que podemos conceituar na atualidade como “preço” – era a renda que se poderia auferir a partir das atividades produtivas. Mas os clássicos acrescentaram outros pontos no que diz respeito a possibilidade de maior ou menor rendimento com o uso produtivo da terra, que refletiam sobre o seu valor, tais como: localização das unidades produtivas em relação aos centros consumidos e a diferença de “qualidade” entre as terras agrícolas, sobretudo no que diz respeito a sua fertilidade. A possibilidade de avanços tecnológicos foi reconhecida por esses autores, mas eles, de modo geral, acreditavam que esses avanços não poderiam resolver o problema da escassez dos recursos naturais.

Uma série de novas ideias sobre o preço das terras agrícolas foi introduzida por Mill (1996 [1848]). O autor partiu da teoria ricardiana, tendo em conta os usos competitivos da terra para fins diversos, como agricultura, mineração, habitação, entre outros, e a aplicação do conceito de renda da produção. Ele percebeu que havia terras de melhor qualidade, com solos mais férteis, áreas melhor localizadas, com modelo de produção e de gestão dos negócios, por parte dos agricultores, mais competitivos. Estes fatores levariam o produtor a auferir lucros extras, que, em essência, seriam similares às rendas da terra. Para ele, enquanto o proprietário de um novo processo de produção não fosse capaz de suprir todo o mercado, o preço da terra permaneceria no seu valor natural. Assim, a renda da terra nunca entraria no processo de produção como um fator de custo. Mas, se a população continuasse a aumentar, tanto o preço da terra quanto de seus produtos iria subir para um preço que ele considera como de monopólio ou de escassez. O autor enfatizou, os dois fatores primários de produção, terra e trabalho, depois de perceber o fato de que o processo econômico de cada período também depende do estoque de bens. Assim, acrescentou o capital como um fator distintivo da produção. Para ele a terra não era apenas um fator de produção, ele também introduziu sua função de provedora de serviços (utilidade). A necessidade de manter a terra imperturbável era o seu argumento para uma economia estacionária.

Karl Marx aceitou muitas das opiniões dos economistas clássicos. Sua teoria do valor foi fortemente influenciada pela teoria ricardiana. Para ele, o trabalho seria a única fonte de valor de troca. Mas para haver produção era imprescindível o trabalho. Assim, o processo de trabalho seria a transformação dos recursos naturais em objetos de utilidade para os seres humanos. Assim, o trabalho seria em primeiro lugar, um processo em que tanto o homem quanto a natureza participam, e em que o homem de sua própria vontade inicia, regula e controla as reações materiais entre si. Para ele, ao proprietário da terra, a mera propriedade jurídica não gera renda, no entanto lhe confere o poder de impedir a exploração de sua terra, ou seja, não pode aumentar, nem diminuir a quantidade absoluta desse campo de aplicação, mas pode alterar a quantidade existente no mercado. Segundo Graziano da Silva (1981), esse monopólio da terra na agricultura assume dois aspectos distintos. De um lado, o monopólio de uma determinada terra enquanto objeto de atividade econômica, ou seja, o fato do produtor capitalista estar cultivando um determinado pedaço de solo com certas características de fertilidade, localização e de benfeitorias já incorporadas ao solo. De outro lado, o monopólio da propriedade privada da terra em si

mesmo, ou seja, o fato de algumas poucas pessoas se arrogarem o direito a uma parcela do globo terrestre e poderem dispor da mesma como bem entenderem. É exatamente esse duplo aspecto que assume o monopólio da terra na agricultura que permite distinguir dois tipos de renda da terra, a diferencial e a absoluta. A renda diferencial da terra é gerada pelo monopólio da sua utilização, da sua exploração. A renda deriva do fato de que o meio de produção "terra", além de não ser homogêneo, é limitado em sua extensão e relativamente não reproduzível, constituindo sua apropriação privada, portanto, um monopólio inevitável em qualquer sociedade capitalista. Como resultado desse monopólio, o preço de mercado de um produto agrícola qualquer tem que ser determinado em função do preço de produção referente à pior terra cultivada (e necessária para satisfazer a demanda global) e não pela "média" (se assim não fosse, os produtores localizados nas terras menos produtivas não conseguiriam obter sequer o lucro médio). A renda diferencial é exatamente esse lucro extraordinário, acima do lucro médio, obtido pelos capitais que operam em condições mais favoráveis de produção. É importante ressaltar que não é a terra em si mesma, pelas suas diferenças de qualidade, a causa da renda diferencial, mas sim o fato de que o trabalho aplicado às terras melhores tende a ser mais produtivo, permitindo com isso a geração de um lucro adicional. A renda diferencial é, portanto, apenas uma conversão desse lucro suplementar à renda. Conversão que se torna possível pela propriedade fundiária, dado que esta habilita a seu proprietário embolsar o sobrelucro, mesmo que tenha sido outro – o arrendatário capitalista – quem tenha extorquido a mais valia aos trabalhadores empregados nessa "terra mais produtiva". A renda diferencial pode, por sua vez, ser decomposta em duas: I) aquela fração "natural", proveniente das diferenças de localização (em relação ao mercado) e de fertilidade inerente aos tipos de solos; e, II) aquela fração "fabricada" pelas inversões suplementares de capital (ou seja, de meios de produção e de trabalho) numa mesma área de terra. A renda diferencial I se refere ao fato de que capitais da mesma grandeza aplicados em terras diferentes produzem resultados desiguais. A renda diferencial II advém do fato de que capitais de mesma grandeza aplicados sucessivamente na mesma terra produzem também resultados diferentes, sendo por isso, considerada como a renda da terra proveniente da intensificação da agricultura pelo capital. Para o autor, é importante deixar claro que a renda diferencial representa sempre uma diferença nos preços de produção em relação ao pior solo cultivado (em termos de localização e fertilidade), de onde se pode concluir que este último tem renda diferencial nula. Seria então

gratuita a exploração do mesmo? Evidentemente não, pois em caso contrário o monopólio da terra pela classe de proprietários não teria sentido.

Graziano da Silva (1981) destaca que para Karl Marx a propriedade privada da terra constitui apenas a condição necessária, mas não suficiente para a existência de renda, seja a diferencial, seja a absoluta. Para a existência da renda diferencial seria preciso também que as terras fossem distintas em termos de fertilidade (natural), de localização e de retorno aos investimentos sucessivos de capital (no sentido técnico) nela aplicados. Para a existência da renda absoluta seria necessário, além da propriedade privada da terra que a torna de fato o monopólio de uma classe, que a composição orgânica do capital, na agricultura propriamente dita, fosse inferior a do capital social médio. Em virtude do limite estabelecido pela propriedade fundiária, o preço de mercado subiria até o ponto em que o (pior) solo pagasse um excedente sobre o preço de produção, isto é, uma renda. Uma vez que o valor das mercadorias produzidas pelo capital agrícola, supera o preço de produção, essa renda constitui o excedente do valor sobre o preço de produção, ou parte dessa sobra. Se a composição média do capital agrícola fosse igual ou superior à do capital social médio, desapareceria a renda absoluta, no sentido considerado, isto é, diversa de renda diferencial e ainda da (renda) oriunda do preço de monopólio propriamente dito.

Mas, uma das principais contribuições dos clássicos foi o desenvolvimento do conceito de renda diferencial da terra, associada à localização das unidades produtivas – em relação aos centros consumidores – e às diferentes características do solo no que tange sua qualidade (fertilidade, capacidade produtiva) e quantidade. Ou seja, terras de melhor qualidade e melhor localizadas, quando comparadas aquelas de pior qualidade e mais distantes, irão garantir uma renda diferencial ao seu proprietário.

Uma nova dimensão sobre os determinantes dos preços das terras agrícolas foi apresentada por von Thünen, (2009 [1826]). Considerando as teorias malthusiana e ricardiana, e outras voltadas a diferenças em relação às qualidades das terras, considerou a distância do local onde se dá a produção agrícola, dos respectivos centros consumidores, como um dos pontos centrais de sua teoria. Um de seus principais interesses era verificar se havia uma relação entre o padrão de produção agrícola e os dos polos consumidores. Considerou os determinantes dos preços que os agricultores recebiam por seus produtos, bem como suas rendas e os padrões de uso da terra que acompanham tais preços. Assim, desenvolveu um sistema de círculos concêntricos,

em que os produtos volumosos ou perecíveis eram produzidos mais perto da cidade e bens valiosos ou duráveis poderiam ser importados de locais mais distantes. Nos polos consumidores centrais, o preço de um produto similar, como os grãos, seria determinado pelos custos de produção e de transporte das fazendas mais distantes, cujos produtos são necessários para atender a demanda da cidade. O grão deve ser vendido ao mesmo preço, independentemente de sua localização de produção, assim sendo, a renda da terra seria mais elevada nos primeiros anéis concêntricos e diminuiria com a distância. Ele chegou, por razões diferentes, a conclusões semelhantes às da teoria ricardiana, ou seja, que as diferenças na qualidade do solo e a distância da unidade produtiva dos polos consumidores são determinantes da renda da terra, e assim sendo, do seu preço.

Para a maioria dos autores acima, a terra ocupava um papel especial no processo de produção. Assim, as questões ligadas à produtividade e a distribuição das rendas auferidas com o uso da terra receberam grande atenção. Mas aos poucos foi perdendo espaço, sendo vista cada vez mais, apenas como um meio de produção. Para Daly (1968) o declínio da importância da terra teve muito a ver com a morte política da aristocracia rural europeia. Com o desenvolvimento da industrialização, os capitalistas e a mão-de-obra industrial se tornaram as classes dominantes e os economistas passaram a dar maior atenção à indústria. Desenvolvimentos tecnológicos importantes que impulsionam a Revolução Industrial contribuíram para mudar a percepção da importância da terra, nomeadamente aos olhos dos economistas britânicos.

Os economistas norte-americanos também apresentaram essa percepção: perda de importância da terra na dinâmica econômica. A escola americana tendeu a negar a lei clássica dos rendimentos decrescentes e a doutrina malthusiana da população, uma vez que parecia contradizer os fatos do "novo mundo": abundância de terra, propriedade flexível e direitos de posse da terra, e preços determinados através da competição em mercados (MARSHALL, 1996 [1920]). Esses fatos influenciaram muito a percepção da forma da função de produção. Maior importância foi atribuída aos bens de capital. Foi enfatizado o protecionismo, argumento utilizado contra a existência de retornos decrescentes nas atividades agrícolas. Além disso, consideravam, uma vez que os solos eram ocupados, uma responsabilidade moral em manter a sua fertilidade por meio de sábias práticas agrícolas, pois caso contrário eles iriam se esgotar. De

modo geral, capital e terra eram distintos. O capital era visto como uma forma de trabalho, produzido pelo homem, ao passo que a terra era dada e tinha restrições.

Os economistas clássicos lançaram as bases para a economia moderna. O movimento em direção a uma medida cada vez mais homogênea da produção permitiu uma simples agregação de toda a produção no produto total. Mas, na maior parte de suas análises, a terra manteve o seu papel especial. Como a terra fértil foi considerada limitada em oferta, a maioria dos economistas clássicos acreditavam que a produção agrícola estaria sujeita a retornos decrescentes. Por outro lado, máquinas industriais, apesar de não terem a produtividade independente, poderiam ser replicadas. A função de produção agregada, como conceituado por essa corrente de economistas clássicos pode ser representada pela equação:  $Y = f(L, K, N)$ , onde:  $Y$  equivale ao produto agregado,  $L$  ao trabalho,  $K$  ao capital e  $N$  a terra. Esta tríade clássica foi desenvolvida a partir do reconhecimento das três categorias de participantes no processo econômico (proprietários de terras, trabalhadores e capitalistas), associada a uma tríade da renda (renda, salário, e os juros).

Os pensadores clássicos da economia política buscaram compreender quais eram os fatores que determinavam a renda da terra, bem como o seu valor. De modo geral, para eles o valor das terras seria determinado pelas rendas geradas com as atividades agrícolas. Mas acrescentaram outros pontos no que diz respeito à possibilidade de maior ou menor rendimento com o uso produtivo da terra, que refletiam sobre o seu valor, tais como: localização das unidades produtivas em relação aos centros consumidores e a diferença de “qualidade” entre as terras agrícolas, sobretudo no que diz respeito a sua fertilidade. A possibilidade de avanços tecnológicos foi reconhecida, mas eles, de modo geral, acreditavam que estes não poderiam resolver o problema da escassez dos recursos naturais apenas adiaria os seus efeitos.

A abordagem unificadora dos economistas clássicos era a sua análise dos valores incorporados ao produto para determinar seu preço. Apesar de utilidade ser vista como uma condição prévia para que as mercadorias tenham valor, os economistas clássicos eram guiados por sua orientação para o longo prazo, onde os preços relativos apenas foram determinados por custos de produção. Daí a sua busca por um conteúdo de trabalho ou terra, que fixa valores e preços. Uma orientação muito diferente foi adotada pela nova escola neoclássica, em sua busca por interdependências entre utilidade e os custos de produção.

Na teoria neoclássica a “terra” perde importância. Para Cohen (1989), isso se deve principalmente à substituição da teoria clássica do valor do trabalho por uma nova concepção de valor, subjetiva, trazida pela teoria marginalista, que passou a ter quase que a hegemonia dentro da teoria econômica vigente a partir de então. Para ele, de modo geral, em conformidade com sua teoria do valor, a utilidade e a escassez dos recursos naturais determinariam o valor e preço para os mesmos, incluída a terra. No caso da utilidade, explicam eles, o valor é derivado do uso previsível do bem ou serviço final em que eles participaram. No caso da escassez, os bens abundantes e ilimitados são bens livres, de preço zero e, aqueles que são relativamente escassos, têm valor e preço. Assim sendo, a terra por ser um recurso natural útil e escasso, formaria seus preços da mesma forma que os demais bens capital em uma economia. Mas, para eles, assim como para os clássicos, o preço das terras seria determinado, de modo geral, pela relação direta com os retornos econômicos das atividades produtivas.

Para os neoclássicos, de modo geral, a renda da terra – bem como o seu preço – seria determinada seguindo os princípios da teoria da utilidade marginal e, de modo específico, considerando a renda auferida com a comercialização dos produtos extraídos da terra. Segundo Menger (1983 [1871]) a renda da terra seria diretamente proporcional ao valor previsível de sua utilização, mas inversamente proporcional no que diz respeito aos requerimentos de capital para produção agrícola. Uma das principais contribuições dos neoclássicos para o entendimento dos determinantes dos preços das terras foi a renda da escassez de Marshall (1996 [1890]), que se daria em função da quantidade limitada desse fator de produção. Assim, acréscimos da demanda por cada unidade de terra uma vez que a oferta é fixa, gerariam, para equilibrar o mercado, uma elevação dos preços; em uma situação inversa, uma redução da demanda se traduziria em queda nos preços. Para Walras (1996 [1898]) tanto a renda da terra quanto a do trabalho e a do capital, bem como seus preços, em geral, são definidos simultaneamente, havendo um só preço – renda – para cada um dos fatores produtivos, sendo necessário, que estes preços mostrem a eficiência na produção e no consumo.

Nesse sentido, a escola neoclássica busca unificar a explicação da remuneração dos fatores de produção com base nos conceitos de produtividade marginal e de equilíbrio de mercado. No entanto, na teoria keynesiana há um posicionamento diferente, uma vez que não necessariamente o equilíbrio significa pleno emprego dos fatores, uma vez que não há como

assegurar uma distribuição ótima da renda para todos, sendo preciso estabelecer uma função de bem-estar social como base, para que isso ocorra. Segundo Hoffmann (2001), com a dominância neoclássica, grandes temas do desenvolvimento econômico foram relegados a um segundo plano durante as primeiras décadas do século XX, a favor do que hoje se conhece como microeconomia. Esses temas voltaram a ganhar importância após a "revolução" keynesiana na corrente neoclássica.

## **1.2 Uma abordagem pós-keynesiana**

Acerca do papel que a terra pode vir a ocupar – e em geral ocupa – numa economia capitalista, Keynes (1992, p. 188) faz uma sugestiva observação:

Pode ser que em determinadas circunstâncias históricas os proprietários de riqueza tenham pensado que a posse de terra se caracterizava por um alto prêmio de liquidez, e, visto que a terra participava com a moeda da particularidade de ter, em princípio, elasticidades de produção e de substituição muito baixas, é concebível que tenha havido na história ocasiões em que o desejo de possuir terra haja desempenhado o mesmo papel que a moeda em tempos recentes, no sentido de manter a taxa de juros num nível demasiado alto. É difícil determinar esta influência quantitativamente, dada a falta de um preço futuro para a terra, medido em unidades de si mesma, que seja estritamente comparável à taxa de juros de uma dívida monetária. Temos, entretanto, um fator que em certas épocas desempenhou papel análogo, representado pelas elevadas taxas de juros hipotecários.

Keynes (1992) alerta para o fato de que, dadas as características da terra, ela não se resume a um mero fator de produção, mas a um ativo econômico particularmente útil aos detentores de riqueza, em virtude de sua capacidade de servir como reserva de valor – não apenas em algum momento histórico do passado, como parece sugerir o autor. Desse modo, alterações no valor da terra não se restringem às mudanças da produção – corrente e/ou esperada – que resulta de seu uso, mas estão sujeitas a inúmeros outros fatores. Pela movimentação de seu preço é possível até mesmo analisar e quantificar importantes fenômenos da conjuntura econômica de um país.

Quando se refere à terra, é necessário ter em mente que se trata de um ativo bastante utilizado como reserva de valor que, ao longo do tempo, sofre oscilações de seu preço, principalmente em períodos de instabilidade econômica. O valor da terra é ditado pelas expectativas dos agentes – condicionadas às incertezas inerentes ao sistema econômico –, sobretudo pelos movimentos especulativos e pelas questões ligadas à liquidez dos diferentes ativos de uma economia.

A terra é um ativo econômico que tem seu preço formado por expectativas, o que pode torná-la alvo privilegiado de especulação em virtude de sua liquidez potencial (SWIERENGA, 1970; BROCKWAY, 1983). Além disso, o mercado é bastante flexível uma vez que agentes com expectativas diferentes demandam e ofertam terra em condições diferentes (POPE; GOODWIN JR., 1984).

O mercado de terras é entendido como aquele no qual há títulos de propriedade, que são passíveis de serem comercializados pelo conjunto dos agentes econômicos em troca de dinheiro, ou seja, que são passíveis de serem cambiáveis por dinheiro e cujas trocas permitam, eventualmente, que se possa auferir ganhos monetários – pela combinação de rentabilidade e liquidez do ativo (REYDON, 1992; REYDON; ROMEIRO, 1994).

Segundo Davidson (1978), a liquidez dos diversos ativos é determinada em função do seu tempo de conversibilidade em moeda e de sua capacidade esperada de retenção do valor do ativo, estando relacionada à possibilidade de um ativo se transformar em moeda sem que haja perda considerável de seu valor. Quanto menor o tempo esperado de negociação e maior a capacidade esperada de um ativo reter valor, mais elevado será o seu atributo de liquidez.

Para Keynes (1992), o prêmio de liquidez da moeda – em outras palavras, a própria taxa de juros – é a recompensa por se abrir mão da liquidez que a moeda proporciona, uma medida do desejo daqueles que possuem moeda de abrir mão do seu controle sobre ela. Nesse sentido, no caso do mercado de terras, a taxa de retorno é uma compensação pelo seu menor grau de liquidez quando comparada com a moeda, que possui o maior prêmio de liquidez entre os ativos econômicos. Ademais, os agentes retêm moeda para financiarem suas transações, porque estão especulando sobre a elevação futura da taxa de juros, ou ainda por precaução frente um

futuro incerto, uma vez que a moeda é um ativo seguro com o qual se pode transportar a riqueza no tempo.

A teoria da preferência pela liquidez de Keynes (1992) pode ser generalizada para uma teoria de precificação de ativos, baseada no princípio geral de que os diferentes graus de liquidez devem ser compensados pelos retornos pecuniários que definem a taxa de retorno obtida pela posse dos diferentes ativos, como desenvolvido por Reydon (1992) para o mercado de terras. Desta forma, cada classe de ativos existentes possui uma taxa de juros própria, definida em termos de preços correntes de mercado, na seguinte forma:  $a + q - c + l$ , onde  $a$  é a taxa de apreciação esperada do ativo,  $q$  é o rendimento esperado do ativo (quase-renda),  $c$  o custo de carregamento esperado incorrido na sua conservação (manutenção) e  $l$  o seu prêmio de liquidez. Nesta abordagem, a preferência pela liquidez é refletida em termos do *trade off* entre retornos econômicos advindos de um determinado ativo ( $a + q - c$ ) e o prêmio de liquidez da moeda ( $l$ ), causando assim substituições na estrutura de demanda por ativos, sendo a liquidez valorizada quando a incerteza aumenta.

Visando diminuir o desconforto em relação a incertezas, os agentes econômicos adotam regras práticas, rotinas e normas de conduta. Essas persistem no tempo enquanto possibilitam resultados considerados aceitáveis e enquanto o acúmulo de informações for insuficiente para adotar novos procedimentos. Isso fornece uma relativa estabilidade ao sistema econômico e permite aos agentes uma possibilidade de prever as decisões dos outros agentes. Keynes (1992) afirma que os agentes se baseiam em convenções para conviver com a incerteza. É justamente pela incerteza presente nas decisões capitalistas que se torna impossível associar ao objetivo de maximização dos lucros um único procedimento racional, pois sempre haverá certo número de estratégias racionais à disposição dos agentes (TIROLE, 1982). Assim, podemos afirmar que os agentes são racionais, contudo, devem exercer essa racionalidade em condições de incerteza.

A própria natureza da valorização do capital reflete decisões sobre eventos incertos já que toda aplicação de capital é o resultado de uma comparação entre vários ativos. Ela não é instantânea, exige um tempo mais ou menos longo, e se dá por meio da concorrência.

Na construção das expectativas individuais, os agentes tendem a atribuir um peso importante às convenções. Quando há a aquisição de um ativo, um processo decisório de

comparação de rentabilidade esperada de várias opções de aplicação de ativos terá sido finalizado. Realizada a escolha do ativo, torna-se necessário tomar decisões no sentido de realizar as expectativas de rentabilidade. A natureza dessas decisões varia conforme o ativo e a estratégia adotada.

Assim, em uma economia capitalista, o uso especulativo da terra, ou seja, o uso não produtivo, apenas enquanto reserva de valor, é uma forma de valorização baseada em expectativas como qualquer outra, ou seja, espera-se, ao vender a terra, rendimentos futuros que compensem a sua aquisição.

Os conceitos da teoria keynesiana foram fundamentais para demonstrar que os preços das terras agrícolas não seriam determinados apenas pela sua capacidade produtiva, como consideravam os clássicos e neoclássicos, mas também por outros fatores, como os especulativos. Estas constatações permitiram grandes avanços nos estudos sobre o mercado e os preços de terras. Com destaque para o paradoxo do preço da terra.

### **1.3 O paradoxo do preço da terra**

De forma geral, é possível identificar, ao menos até meados da década de 1950, mesmo com vigência da teoria econômica keynesiana, um relativo consenso na literatura – ainda que heterogênea – acerca dos determinantes do preço da terra. Com efeito, as várias correntes teóricas que se debruçaram sobre o mercado de terras, sobretudo a clássica e a neoclássica, consideraram o preço do ativo ali negociado como resultado, direto ou indireto, do fluxo de rendimentos, atual e esperado, que dele se pode auferir (LARSEN, 1948; REYDON, 1992). Em outras palavras, mesmo partindo de pressupostos distintos quanto à operação da economia em geral, e ao papel que a terra nela desempenha, é possível identificar, quanto aos determinantes do preço da terra, um elemento comum nas diversas abordagens teóricas que compõem as investigações sobre o tema: o preço da terra é determinado pelos rendimentos que a mesma pode gerar àquele que dela faz uso. Vale dizer que, em última instância, de acordo com essa perspectiva, o valor da terra é ditado pela sua capacidade produtiva e pelos retornos, atuais e esperados, a ela associada. Assim, o preço da terra, seria, simplesmente, o valor presente do fluxo

de rendimentos da atividade agrícola.

A década de 1950, contudo, marca um ponto de inflexão em relação a isto. A relativa concordância entre os estudiosos do tema foi abalada a partir desse período, quando diversos estudos empíricos constataram que os preços das terras nos Estados Unidos se elevaram muito acima daquilo que seria justificado pelos rendimentos derivados de sua utilização a contramão, portanto, do que as teorias de então sugeriam (SCOFIELD, 1957; CHRYST, 1965). De fato, conforme argumentam Shalit e Schmitz (1982), se, entre 1910 e 1950, os preços das terras norte-americanas se apresentavam fortemente relacionadas à renda que dela se podia extrair, a partir das décadas de 1960 e 1970, os preços das terras se elevaram a despeito do declínio do rendimento derivado da atividade agrícola.

Frente ao que ficou conhecido como “paradoxo do preço da terra” (CHRYST, 1965), denominação dada na literatura ao fenômeno acima descrito, inúmeros estudiosos passaram a considerar fatores não estritamente relacionados ao rendimento associado à capacidade produtiva da terra como determinantes de seu valor – ainda que vários destes autores tenham restringido a influência desses outros determinantes ao impacto que tinham no próprio setor agrícola. As pesquisas se voltaram, dessa forma, para o exame de outros fatores, além dos produtivos, que poderiam exercer algum efeito na formação do preço da terra.

A partir de então, o número de análises acerca dos determinantes do preço da terra cresceu prodigiosamente em volume e diversidade – fenômeno não restrito apenas aos Estados Unidos. A inadequação dos modelos de valor presente tradicionais para a precificação da terra fez com que diversas análises passassem a considerar uma ampla e variada gama de fatores na determinação do preço da terra. Além do rendimento associado à produção agrícola, os estudos desde então incorporaram elementos macroeconômicos – tais como a inflação, a taxa de juros –, os programas e políticas governamentais voltados ao setor agropecuário, a pressão exercida pelo processo de urbanização no mercado de terras rurais, entre outros. A percepção de que a terra não é apenas um mero fator de produção, mas um ativo econômico, cujo preço resulta da combinação de fatores vinculados diretamente ao seu uso produtivo e outros elementos, passou a ditar o rumo das pesquisas.

Com efeito, é possível distinguir na literatura três principais conjuntos de variáveis consideradas como determinantes dos preços da terra: (i) medidas das políticas e programas

governamentais; (ii) medidas associadas à capacidade produtiva da terra e ao rendimento a ela vinculado; (iii) e, por fim, medidas financeiras e do movimento macroeconômico em geral (AWOKUSE; DUKE, 2006). As análises acerca dos determinantes do preço da terra se diferenciam, sobretudo, quanto à escolha das variáveis representativas de cada um dos três grupos e, também, ao peso, absoluto e relativo, atribuído a cada uma delas na formação do valor da terra – além, evidentemente, da metodologia utilizada.

Autores como Alston (1986), Castle e Hoch (1982), Maddison (2000) e Huang et al. (2006) estão entre diversos outros que demonstram que o retorno associado à utilização produtiva da terra ainda tem influência significativa na determinação do seu preço. Alston (1986), por exemplo, observou que, de 1963 a 1982, o crescimento real do preço das terras norte-americanas poderia ser explicado de forma robusta pela elevação dos rendimentos delas derivados. Castle e Hoch (1982), por sua vez, argumentaram que, também para os Estados Unidos, cerca de metade das variações dos preços da terra, de 1920 a 1978, derivavam da capitalização do rendimento da atividade agrícola – embora destacassem que a outra parcela possa ser atribuída aos ganhos de capital da terra. Conclusões semelhantes foram apresentadas por Maddison (2000), para o mercado de terras na Inglaterra e no País de Gales, e por Huang et al. (2006), para o Estado norte-americano de Illinois entre 1979 e 1999 – neste caso, com particular destaque à produtividade da terra.

Por outro lado, autores como Scofield (1957), Chryst (1965) e Traill (1979) representam um grupo distinto cujo foco da análise se concentra nas variáveis associadas às políticas públicas e ao movimento macroeconômico em geral. Scofield (1957) destacou que o preço da terra possuía uma tendência à valorização a taxa superior à do crescimento da renda gerada por meio de sua utilização produtiva. Para o autor, políticas de sustentação de preços, avanços tecnológicos e até mesmo o uso da terra enquanto reserva de valor – como proteção ao aumento das taxas de inflação, por exemplo – alteram o preço da terra e, por conseguinte, devem ser considerados entre os elementos que a determinam. Chryst (1965), embora defenda que o preço da terra deva refletir o rendimento que dela se é capaz de extrair – sobretudo por aumentos da produtividade –, abre espaço para que sejam também considerados rendimentos não agrícolas na formação do valor da terra. Nessa mesma perspectiva, Traill (1979) verifica que, na Inglaterra, o aumento dos preços das terras nos anos de 1960 foi muito superior aos rendimentos auferidos

com as atividades agrícolas, sobretudo em razão das políticas de suporte ao segmento. Ademais, a importância da influência dos programas e políticas governamentais no preço da terra encontra-se bem documentada no conjunto de trabalhos reunidos em Moss e Schmitz (2003), para os Estados Unidos.

Análises mais gerais sobre a determinação do preço da terra foram empreendidas por autores como Tweeten e Martín (1966), Reinsel (1972), Reinsel e Reinsel (1979), Doll et al. (1983), Just e Miranowski (1993) e Weersink et al. (1999). Reinsel e Reinsel (1979), por exemplo, verificaram que os determinantes dos preços das terras, entre outros, seriam o valor presente do fluxo de rendimentos da terra, o crédito agrícola, a taxa de juros e a taxa de inflação, ou seja, tanto fatores associados às atividades agrícolas quanto aqueles relacionados às políticas públicas direcionadas ao setor e à dinâmica macroeconômica em geral. Na mesma direção, Doll et al. (1983), ao realizar uma avaliação empírica sobre a evolução do preço das terras nos Estados Unidos, elaboraram um modelo que abrangeu tanto variáveis associadas diretamente à atividade agrícola, como a taxa de juros e outras variáveis que refletiam a existência de incentivos governamentais diversos.

De forma geral, verifica-se, portanto, que as políticas públicas direcionadas ao setor agrícola – principalmente as de crédito e de subsídios governamentais – e fatores relativos ao movimento mais geral da economia constituem importantes determinantes do preço da terra.

#### **1.4 Os determinantes do preço da terra no Brasil**

No Brasil, após a modernização da agricultura ao longo das décadas de 1960 e 1970, o preço das terras também se distanciou dos rendimentos vinculados à atividade agrícola. Fato que levou autores como Sayad (1977), Rangel (1979), Reydon (1992), entre outros, a argumentar que, em termos gerais, a especulação, além dos fatores associados à própria agricultura, contribuía sobremaneira para a explicação dos movimentos do valor da terra no país.

A partir da década de 1970, associada, em parte à modernização da agricultura e ao crédito rural subsidiado, diversos estudos, buscaram identificar quais seriam os principais determinantes dos preços das terras agrícolas no país. Dentre eles Oliveira e Costa (1977), para os

quais, no período de 1966 e 1977, o preço da terra no Brasil estaria relacionado às políticas agrícolas, sobretudo pela garantia de preços mínimos, que estabelecia relações de troca favoráveis à agricultura, e de subsídios para aquisição de insumos modernos, que aumentava a produtividade da terra. Os autores destacam ainda, que além dos preços recebidos na agropecuária e os preços dos insumos, a infraestrutura também pode ser considerada como um dos fatores que podem determinar o preço das terras agrícolas.

Sayad (1977) considerou a terra como ativo econômico utilizado, principalmente, como reserva de valor. Analisou o fenômeno da rápida sucessão de processos especulativos em diversos mercados de reserva de valor. O autor aponta que, ao servir como reserva de valor, sobretudo em períodos de aceleração inflacionária, a terra pode ser demandada a despeito das condições prevaletentes na esfera produtiva. A conclusão geral indicava que bens como a terra representavam no Brasil a principal forma de retenção de riqueza por parte do setor privado, principalmente em períodos de processos inflacionários elevados. Assim, a terra funciona como reserva de valor que amortece as possíveis quedas de rentabilidade do capital produtivo, decorrentes de uma diminuição do ritmo de crescimento da economia.

Para Rangel (1979) a renda da terra se apresentou relativamente constante durante os diferentes ciclos econômicos, tornando-a um ativo demandado em períodos de queda cíclica. Ou seja, para ele a terra era um importante ativo financeiro, principalmente como forma de proteção ao longo dos ciclos econômicos, sendo que quando há incertezas relacionadas às possíveis crises econômicas cresce a demanda por terra, e quando diminui o grau de incerteza há um efeito inverso, sendo o preço da terra, portanto, contracíclico. Além disso, Rangel (2000) fez contribuições significativas no estabelecimento dos determinantes especulativos na formação do preço da terra no Brasil. Para o autor, a tendência do movimento dos preços da terra acima do componente da renda estava associada aos movimentos gerais da economia, visto que o preço da terra acumula uma relação inversa com a taxa de juros e de lucro da economia. Neste sentido, quando há uma tendência ao crescimento da economia como um todo, o preço da terra cai na mesma intensidade deste crescimento. Como a renda da terra permaneceria relativamente constante em quaisquer fases do ciclo econômico, durante uma queda na atividade econômica, a terra se constituiria em um ativo muito desejado. Esse comportamento anticíclico do preço da terra induziria a uma expectativa de elevação do seu preço, independentemente da renda que ela

possa gerar. O autor denominou essa expectativa de valorização do ativo de “a quarta renda da terra”. Assim, o elemento determinante das variações do preço da terra, além das alterações em seu rendimento, seria a taxa de lucro médio da economia. O autor também destaca que a oferta crescente de terras, devido ao avanço da infraestrutura, e a demanda pelo ativo gerada pela expectativa de sua valorização, também determinariam o preço da terra, ou seja, as variações de natureza não-agrícola afetam preponderantemente o comportamento dos preços desse fator de produção. O que se depreende de sua análise é uma possível renda especulativa auferida pelos proprietários de terras.

Pinheiro e Reydon (1981) defenderam a teoria de que os preços de terra são influenciados pela decisão do agricultor de expandir sua atividade, ou seja, pela demanda do agricultor por terra, puramente relacionada com a produção. Essa decisão, por sua vez, dependeria da rentabilidade da agricultura, a qual poderia ser analisada se utilizando os termos de troca, sendo o índice mais adequado para tal a relação entre preços recebidos e preços pagos pelos agricultores. Entretanto, as evidências empíricas não validaram a hipótese de que os preços de terra são determinados principalmente pela rentabilidade da atividade agrícola. Contudo, evidenciaram que na década de 1980, o processo de expansão da economia brasileira conhecido como “Milagre Econômico”, gerou um intenso processo especulativo que entre 1969 e 1971 se concentrou na bolsa de valores e, após sua quebra, foi canalizado no mercado de terras agrícolas. Além disso, Reydon (1984) evidenciou, a partir de estudos econométricos para as Unidades da Federação, que o crédito agrícola teve um importante impacto sobre os preços das terras. Ademais, destacou que a participação de fatores especulativos na formação do preço havia se elevado ao longo dos anos 1970.

Um dos mais influentes pesquisadores a estudar o mercado de terras no Brasil foi Sayad (1982). Em sua análise sobre o preço da terra e mercados financeiros, o autor analisou a economia brasileira entre o período de 1967 a 1973 e afirmou que a terra servia como reserva de valor, uma alternativa ao capital produtivo. Desvinculou, dessa forma, o ativo terra enquanto reserva de valor de sua função de fator de produção, contrariando a teoria neoclássica, pois acreditava que a característica de reserva de valor era a mais importante nas decisões dos investimentos imobiliários na época. Dessa maneira, a determinação do preço da terra ocorreria em função de sua liquidez, já que o ativo possui elasticidades de oferta e substituição muito

pequenas. Elevações nos preços da terra seriam, portanto, atribuídas à demanda especulativa. Assim, a terra constituía-se em um ativo real capaz de transferir poder de compra de um período para outro. O autor mencionou ainda os prováveis motivos que fizeram da terra o ativo mais procurado como reserva de valor na economia brasileira. O primeiro deles vem de uma perspectiva histórica, pois havia então pouco tempo que a economia brasileira tinha perdido suas características basicamente agrícolas. O autor indicou também que a forma de organização dos sistemas judiciário e fiscal e do próprio setor financeiro – ainda em desenvolvimento à época –, incentivou a concentração da riqueza do segmento privado em ativos não financeiros, como a terra. Para ele, com uma diminuição da taxa de crescimento do produto, os investidores demandariam mais terra, e o preço desta se elevaria. Porém, quando a taxa de crescimento do produto se elevasse acima de determinado patamar, o processo contrário aconteceria, os investidores demandariam mais capital produtivo, e o preço da terra decresceria. Assim, os preços da terra apresentariam uma dinâmica oposta à dinâmica dos ciclos econômicos. O direito ao crédito subsidiado também foi um fator que contribuiu para a elevação do preço da terra rural no Brasil. O autor concluiu que enquanto os retornos aos investimentos imobiliários não se reduzissem seria muito difícil que o sistema financeiro obtivesse melhor desempenho na economia brasileira. Sugeriu, então, uma taxação dos ganhos de capital, argumentando que sem essa intervenção dificilmente o setor financeiro ofereceria um ativo rentável o suficiente, capaz de competir com aqueles que serviam como reserva de valor. Enfatizou que sob altas taxas de inflação, os ativos financeiros só competiriam com outras formas de retenção de riqueza se oferecessem proteção adequada contra a inflação. Finalizou afirmando que o setor financeiro teria uma tarefa importante em todo esse processo, a qual seria alterar os hábitos de alocação de riqueza do setor privado em função de todos os motivos previamente discutidos. Também verificou que, entre 1969 e 1980, os preços das terras no Brasil foram determinados sobremaneira pela especulação e que o Imposto Territorial Rural (ITR) não teve efeito significativo sobre a produção agrícola, nem pouco sobre o valor da terra.

Egler (1985), por sua vez, traça um paralelo entre o mercado de terras e os mercados financeiros, apontando para a relevância dos movimentos da taxa de juros como determinante do preço da terra. Para ele, as relações entre preço de terras e taxas de juros praticados no sistema financeiro no Brasil teriam sido analisadas por diferentes pontos de vista, entretanto, pouco ou nenhuma importância fora dada à taxa de juros como fator fundamental que liga o mercado

fundiário à acumulação financeira. A taxa de juros seria a ponte entre o mercado financeiro e o fundiário. O autor verificou que o preço da terra agrícola reflete de modo inverso as variações na taxa de juros médias da economia o que repercutia em movimentos especulativos em dois mercados distintos: o de títulos mobiliários e o fundiário. Assim, concluiu que a simples presença de taxas de juros negativa explicaria a valorização da terra, pois bastaria que a terra tivesse uma renda positiva para que seu preço estivesse em constante aceleração.

Rezende (1985) afirmou que o aumento da capacidade financeira dos agricultores poderia estimular uma ampliação de capital na agricultura – aumento este atrelado à concessão do crédito rural. Ou seja, com o aumento do preço da terra, o indivíduo que desejasse tomar crédito subsidiado arcaria com dois custos: (i) dos juros do crédito rural; e, (ii) de oportunidade do dinheiro que estaria sendo investido em terras, para adquirir essa modalidade subsidiada de crédito. Assim sendo, enquanto houvesse maiores retornos nessa modalidade de transação, arcar com os custos dos juros do crédito subsidiado e com o custo de oportunidade do dinheiro imobilizado, a escolha dos indivíduos seria a de investir em terras ao invés de aplicar seus recursos no mercado financeiro, gerando uma equalização da taxa de juros no mercado como um todo. Desta maneira, aqueles que desejassem adquirir terras agrícolas teriam que fazê-lo sob um preço mais elevado. Caso os proprietários de terras não se apropriassem do subsídio estariam deixando de obter a taxa de lucro média sobre o capital fixo e sobre o valor da terra. O mesmo poderia ocorrer com aqueles que possuíssem terras e tivessem que manter uma elevada quantia do fator imobilizado.

Para Brandão (1986), a determinação do valor da terra depende, além dos preços dos produtos e insumos agrícolas, da taxa de juros real, do crédito rural e do avanço tecnológico. Ele observou no modelo financeiro de determinação do preço da terra que este refletiria o valor presente do fluxo de rendimentos futuros. Nesse caso, a taxa de juros utilizada para calcular o valor presente seria considerada constante e, com isso, o preço da terra seria determinado pelo quociente entre o fluxo de rendimentos futuros e a taxa de juros.

Bacha (1989) desenvolveu modelos estatísticos para explicar a determinação do preço de arrendamento e de venda da terra na agricultura brasileira. A análise das elasticidades das variáveis incluídas no modelo estimado para o Estado de Minas Gerais indicou que os fatores relacionados à produção agropecuária, como os preços reais dos insumos modernos, nível

tecnológico e relação de troca entre preços recebidos e preços pagos pelos produtores, foram os principais determinantes dos preços das terras. Concluiu, assim, que as variáveis vinculadas à produção agropecuária exerceram maior influência sobre o preço da terra do que as vinculadas à especulação e, mesmo, ao ambiente econômico.

Camargo e Ferreira (1989) estudaram aspectos do arrendamento de terra nas atividades agrícola e pecuária e a evolução regional e nacional dos seus preços entre 1966 e 1986. Verificaram que os preços das terras agrícolas eram fortemente correlacionados ao valor de arrendamento das mesmas e a variáveis relacionadas às rendas agrícolas que, em parte, estavam relacionadas às políticas públicas direcionadas ao setor.

Na década de 1990, Reydon (1992) construiu uma interpretação teórica baseada na visão pós-keynesiana de que a terra, por ser simultaneamente um ativo de capital e um ativo líquido, sofre interferências de aspectos especulativos no seu preço. Além disso evidenciou empiricamente que no período de 1970 a 1991, além dos fatores produtivos, os fatores especulativos tiveram grande influência na determinação dos preços das terras agrícolas no Brasil. O autor destaca que a terra pode ser considerada como um ativo com características de reserva de valor – e, por conseguinte, objeto privilegiado de especulação – em períodos de elevada inflação, como foi o caso da economia brasileira nos anos 1980 e em parte dos anos 1990. Esta condição acabou elevando a demanda por terras, propiciando sinergias para o incremento dos seus preços. Ademais, as terras agrícolas passaram por uma acentuada valorização, apresentando um substancial crescimento de seus preços, tornando sua atratividade comparável a de outros ativos do mercado financeiro. Isto fez com que, ao longo do tempo, muitos agentes econômicos de setores não envolvidos com a produção agropecuária, adquirissem terras.

Com estabilidade econômica obtida a partir do Plano Real, estudos apontam que os determinantes dos preços das terras se tornaram mais atrelados aos fatores produtivos, ou seja, às rendas obtidas nas atividades agropecuárias (PLATA, 2006; REYDON; PLATA, 2006; FERRO; CASTRO, 2013). Nesse contexto, as terras agrícolas tiveram reduzida, em parte, a influência de sua função enquanto reserva de valor – sem, no entanto, eliminá-la completamente.

Camargo et. al. (2004) analisaram os preços das terras agrícolas do Estado de São Paulo, considerando vários fatores (densidade demográfica, matas naturais e preservação do meio

ambiente, e uso do solo para exploração). Concluíram que as terras nas regiões com agricultura intensiva são mais valorizadas, inclusive porque as atividades do agronegócio geram divisas e empregos na zona de produção.

Já para Reydon e Plata (2006) o preço da terra no Brasil foi influenciado pela modernização da agricultura, associada a um conjunto de inovações tecnológicas, que incrementaram a produtividade e, sobretudo, pela especulação com terras por parte dos agentes econômicos, resultado diferente de Reydon (1996) Os autores afirmam que, entre 1966 e 1975, o crescimento do preço da terra foi influenciado por um conjunto de inovações tecnológicas que se verificaram no período e alteraram a forma com que as atividades agrícolas passaram a ser exercidas.

Para Plata (2006) a terra como um ativo apresenta três características importantes: a) é escassa em termos físicos e econômicos; b) é imóvel; c) é durável, já que não pode ser destruída facilmente. A terra é escassa não apenas por si mesma, mas na medida em que os produtos por ela gerados também o são. O aspecto de que a terra é um fator imóvel, que não pode ser reproduzido, com elasticidade de substituição baixa e de apropriação privada, favorece a condição para o estabelecimento de sua escassez econômica. Contudo, tanto a geração de tecnologias para a elevação de seu rendimento físico, quanto medidas administrativas como, por exemplo, a reforma agrária, podem alterar o grau de escassez da terra. Além disso, o autor destaca que o valor auferido com o arrendamento da terra seria um valor próximo ao das rendas produtivas, sendo um dos fatores que, associados aos especulativos, explicariam sobremaneira a formação dos preços deste ativo.

Para Oliveira e Ferreira (2010), as variáveis que mais influenciaram o preço de terra no Brasil no período de 1977 a 2008 foram o valor do arrendamento da terra, juntamente com a taxa de câmbio, com a primeira apresentando um efeito positivo e a segunda um efeito negativo. Assim, alguns fatores potencializaram as expectativas de ganhos produtivos e especulativos com o uso da terra, como a maior demanda por terras devido à necessidade de escalas de produção.

Ferro e Castro (2013) verificaram que, entre 2002 e 2010, tanto as rendas agrícolas quanto as expectativas dos agentes para fins especulativos foram fatores relevantes para determinar o preço da terra.

O preço real da terra registrou grandes oscilações na história econômica brasileira. Para entender essas oscilações, deve-se ter em mente que o valor da terra sofreu influências de inúmeros fatores macroeconômicos, configurando uma forte interação do mercado de terra com mercados fora da atividade agrícola, especialmente os mercados financeiros. Estes se mostraram particularmente instáveis no período e, assim, o ativo terra teve seu preço influenciado por fatores externos ao processo de produção.

O que se percebe é que não há um consenso na literatura brasileira sobre os determinantes dos preços das terras agrícolas no Brasil. Muitas são as hipóteses e inúmeros são os fatores desse processo. Mas, de forma geral, na maior parte das pesquisas realizadas não são utilizados um conjunto amplo de variáveis, ou mesmo uma série temporal consistente, que permita corroborar ou refutar uma hipótese em detrimento de outra.

No entanto, estudos que consideram variáveis ambientais como fatores determinantes dos preços das terras ainda são incipientes no Brasil. Mas se tendo em conta que as expectativas de ganhos produtivos com a terra, mudam quando se alteram, por exemplo, as condições da produtividade física da terra – que são fortemente influenciados pelas tecnologias adotadas – e que as tecnologias com vista à conservação do solo, como o plantio direto na palha – amplamente difundida no território brasileiro – podem garantir um diferencial em relação à renda auferida com as atividades agrícolas, pode se inferir que variáveis ambientais influenciam na determinação dos preços das terras agrícolas.

### **1.5 As economias agrícola e do meio ambiente e a preocupação com as terras**

De acordo com Bunce (1942), motivada pela preocupação com o esgotamento dos solos agrícolas e com a manutenção da produtividade, uma vasta literatura surgiu na área da economia agrícola, que se tornou firmemente estabelecida na década de 1920 ao mesmo tempo pesquisas agrícolas foram então realizadas com o objetivo de desenvolver tecnologias que auxiliassem aos produtores no que diz respeito ao ganho de melhores rendimentos em suas propriedades. Mesmo porque a disponibilidade de terras aptas para a agricultura poderia ser reduzida ao longo do tempo e as intervenções humanas, nomeadamente a conversão de áreas

nativas em áreas agrícolas, estavam aumentando (demasiadamente) a ocorrência de processos de erosão do solo.

A qualidade e produtividade da terra estava sendo modificada, influenciada principalmente pelo uso intenso da mecanização e de insumos químicos, fato este que teve um impacto sobre a forma como os economistas passaram a formular as relações de produção das atividades agrícolas. Mas o foco não era exclusivamente a terra, já que ela em si tem pouco valor econômico até ser utilizada em conjunto com outros fatores de produção: capital e trabalho (RANDALL; CASTLE, 1985). Assim, uma das questões na qual se concentraram os economistas foi em interpretar o impacto da utilização das terras de localidades antes consideradas inaptas à produção de determinadas espécies agrícolas. Esse desafio foi superado com novas tecnologias, como as variedades adaptadas a condições climáticas diversas e a correção dos solos. Então, com um excesso de oferta aparente de terras agrícolas, o interesse se deslocou para uma preocupação mais geral, situações nas quais a terra, a sua utilização, ou suas limitações eram de importância estratégica. Nesse contexto, Salter Jr. (1942), criou um balanço sumário, focando nas principais mudanças no uso das terras e os efeitos decorrentes dessas no bem-estar social. A questão do bem-estar social seria definida pelos vários benefícios, além do valor monetário, e não poderia ser derivada por adição aritmética dos retornos individuais. Nesse aspecto, o autor percebe uma relação inversa entre o uso da terra e o bem-estar social, na medida em que as explorações agrícolas degradam as terras, podendo restringir sua capacidade produtiva.

Para Schultz (1951), as propriedades físicas da terra são de menor importância. Os atributos decisivos são técnicos ou institucionais. Como Randall e Castle (1985) afirmam, a economia da terra tem sido um produto de diversas influências, o paradigma básico foi evolutivo e seus métodos de análise têm sido holísticos, históricos e práticos. Resumindo, pode-se dizer que a herança da economia da terra está tanto nas análises institucionais quanto na economia neoclássica.

Na economia agrícola em si, a terra seria tanto um fator de produção quanto um produto. Um elemento central da análise é a localização e os custos de transporte associados ao escoamento da produção agrícola. Assim, a produção se daria orientada a atender às demandas do mercado, estando relacionada às perdas e ganhos nas diversas fases do processo de produção. A localização real de uma propriedade, um ponto fixo no espaço, está ligada a outros locais,

sobretudo sua proximidade dos centros consumidores. Estas ligações e suas conexões ao entorno, vulgarmente designadas como efeitos de vizinhança, influenciam o tipo de atividade que será desenvolvida em um determinado estabelecimento agropecuário e a produtividade da área. Distintas da localização estão os atributos físicos da propriedade, a saber: a terra é fisicamente imóvel; enquanto espaço é indestrutível; e não é homogênea, ou seja, duas parcelas não são iguais (DASSO et al., 1995).

A partir dos anos de 1950 e 1960 a economia ambiental foca seus olhares para a terra. O ponto central são as externalidades geradas pela agricultura ou economia, visto que pouca atenção estaria sendo dada aos problemas ambientais e as interações entre economia e o meio ambiente. Nesse contexto, surge a necessidade de se considerar as peculiaridades entre o meio ambiente e os sistemas e processos econômicos, ambientais e políticos na tomada de decisões públicas e privadas (van den BERGH et al., 2001). A terra como um meio de produção de alimentos, fibras e energia, tal como na economia agrícola, tem sido tratada separadamente como um recurso, hora renovável, hora esgotável.

Muitos estudos, desde a década de 1970, abordam diferentes variações da mesma questão básica de otimização da utilização dos recursos naturais ao longo do tempo (SOLOW, 1956; NORDHAUS, 1973; DASGUPTA; HEAL, 1974). Certos aspectos do conceito mais amplo de terra voltaram para discussão pública no final dos anos de 1960 e início da década de 1970, devido ao fato da aparente limitação da terra frente ao crescimento da população humana e das mudanças nos padrões de consumo e de produção (EHRlich; EHRlich, 1990).

De acordo com Daly e Farley (2004), uma discussão renovada do papel dos recursos naturais na economia foi retomada diante dos conceitos do desenvolvimento sustentável. Para os autores, das discussões subsequentes, surgiram duas interpretações alternativas de sustentabilidade, denominados sustentabilidade forte e fraca. Os defensores da sustentabilidade fraca sustentavam que o estoque total de capital artificial e natural (incluindo o terreno) deveria ser não decrescente, e que a elasticidade de substituição é unitária, e forma que os recursos naturais poderiam ser substituídos por capital humano. Por sua vez os defensores da sustentabilidade forte argumentavam que uma das condições mínimas para manutenção do desenvolvimento sustentável seria que o estoque de capital natural fosse mantido. Entre estes

pontos de vista está o de que o estoque de “capital natural crítico” não tem substitutos, de modo que deve ser mantido aliado ao estoque de capital agregado (VICTOR, 1991).

Uma percepção comum tanto à abordagem forte e fraca da sustentabilidade é quanto ao papel desigual do progresso tecnológico no que diz respeito ao capital humano e natural: o progresso tecnológico pode aumentar o estoque de capital da economia e, portanto, a capacidade da economia em produzir *commodities*. No entanto, a que custo? (VICTOR, 1991). Na economia neoclássica, a substituição é elevada ao princípio central básico no qual tanto o sistema de preços quanto de produção são explicados. A abordagem neoclássica ignora a complementaridade essencial entre os diferentes fatores de produção ou diferentes tipos de atividades; ou a concentração sobre o aspecto de substituição que faz da teoria de equilíbrio tão sem vida e emoção, segundo KALDOR (1975). Da mesma forma, Boulding (1992) criticou a teoria neoclássica de produção por utilizar apenas fatores “contributivos”. Isto é o que ele chama de “teoria do livro de receitas” de produção e ironicamente mencionada: “nós misturamos terra, trabalho e capital e algumas batatas”. Para o autor, os fatores limitantes de produção são energia, material adequado, tempo e espaço. O que pode ser realizado depende do tipo de limitação em cada situação. O princípio econômico elementar de eficiência exige que se maximize a produtividade do fator mais escasso. Para Daly e Farley (2004), no longo prazo, o fator mais escasso será o capital natural. Para os autores, capital natural e humano são complementares e não substitutos. Porém, a teoria econômica padrão é tão dedicada à ideia de substituição que dificilmente podemos fazer uso do termo complementar, e sem a complementaridade não pode haver nenhum fator limitante. É a questão de definir e mensurar as escalas sociais e ecológicas significativas que distingue a economia ecológica da economia neoclássica. A noção de escala tem uma relação direta com o uso da terra e do espaço. Uma boa escala é aquela que é sustentável, que não deteriore as capacidades do meio ambiente (Daly, 1992).

No discurso das décadas de 1970, 1980 e 1990, em uma série de estudos econômicos buscou-se correlacionar investimentos em conservação dos solos com o preço das terras agrícolas. De modo geral, indicam que a conservação do solo, ao reduzir custos associados ao acentuado processo de degradação dos solos em decorrência da erosão, poderia agregar valor às terras, elevando seus preços. Entre estes estudos vale destacar os de Colacicco et al. (1989), Hertzler et al. (1985), King e Sinden (1988), Miranowski e Hammes (1984), e Palmquist e

Danielson (1989) e Lutz et al. (1994). Alguns desses autores se utilizaram do método de preços hedônicos, estabelecendo relações entre os atributos da terra e seu preço de mercado. Ou seja, foram verificadas tanto as características físicas da terra (área, tipo de solo, tipo de atividade desenvolvida, entre outros), quanto a sua localização. A técnica hedônica nesse caso consiste em uma regressão na qual o preço da terra é a variável explicada e as suas características compõem as variáveis explicativas.

No Brasil, poucos são os estudos que trataram do tema conservação do solo e preço das terras agrícolas. Entre os estudos realizados com essa abordagem se destacam os de Brandão (1985), Michellon e Reydon (2003) e Michellon e Reydon (2006). Brandão (1985) considerou que quando a exaustão dos solos se torna um sério obstáculo ao aumento da produtividade da terra (ou leva ao seu declínio), o preço das terras agrícolas tende a cair. Por outro lado, considerou que, se a adoção de tecnologias que visam a conservação dos solos for capaz de aumentar a sua capacidade produtiva, deduzidos os custos, os preços das terras tenderão a aumentar. Mesmo nessa abordagem mais ortodoxa, fica clara a relação entre a conservação ou a degradação dos solos e os preços das terras agrícolas. Kitamura et al. (1982) consideram que o plantio direto na palha é uma tecnologia que apresenta maiores vantagens, do ponto de vista econômico, que o cultivo convencional. Para os autores, a adoção do plantio direto na palha, além de diminuir os custos de produção, diminui o volume de perdas de solo por erosão. Para eles, essa constatação é reforçada sob o ponto de vista social porque, mesmo sem levar em conta os custos das externalidades da erosão do solo, o controle da perda de terra através de manejos agronomicamente mais desenvolvidos se apresenta mais rentável aos agricultores. Para Michellon e Reydon (2003) e Michellon e Reydon (2006), os preços médios de terras localizadas nas regiões de alta prioridade do Programa Paraná Rural programa governamental conservacionista realizado no Estado do Paraná nos anos 1990, no que diz respeito às ações de conservação do solo, tiveram um incremento maior em relação àsquelas de média e baixa prioridade. Por sua vez, os preços de terra das regiões de média prioridade tiveram aumento superior em relação aos preços registrados nos núcleos de baixa prioridade. Assim os resultados da pesquisa indicaram que nas áreas consideradas prioritárias pelo referido programa, os preços das terras se valorizaram mais que nas demais, consideradas de média e de baixa prioridade. A principal conclusão é que programas de manejo de solo e da água em microbacias hidrográficas podem gerar um aumento do preço das terras agrícolas.

## **CAPÍTULO 2. Aspectos técnicos e econômicos da conservação do solo no Brasil**

Como verificado no capítulo anterior, a qualidade do solo, expressa pelas diferenças em sua fertilidade, para os economistas clássicos, e as mudanças tecnológicas que podem contribuir para os ganhos de produtividade, de acordo com os neoclássicos, são fatores determinantes dos preços das terras agrícolas. Outro fator que pode influenciar na determinação dos preços das terras agrícolas é a conservação do solo. Com investimentos em manejo e práticas conservacionistas, é possível minimizar prejuízos associados aos danos causados pela erosão e degradação dos solos, reduzir custos de produção e, por consequência, valorizar as terras agrícolas. Nesse contexto, no presente capítulo serão abordados, de forma mais específica, alguns dos fatores técnicos e econômicos que levam os produtores agropecuários brasileiros a conservarem os solos de suas propriedades. Além disso, pretende-se demonstrar a importância que a conservação do solo tem para toda sociedade brasileira. Para tratar desses temas, dois pontos de vistas distintos, mas integrados entre si, serão utilizados: o da conservação e o da degradação do solo.

### **2.1 Por que conservar o solo?**

Tradicionalmente as atividades humanas causam impactos diversos ao meio ambiente. Nas atividades agrícolas esse impacto se inicia com a derrubada da vegetação nativa para incorporação de áreas à agricultura, sendo o desmatamento normalmente seguido de queimadas, deixando o solo completamente exposto às intempéries. Logo após essa primeira etapa, inicia-se o preparo do solo, sobretudo com arações e gradagens. Com tais práticas, a ação antrópica acaba por acelerar o processo de erosão dos solos agrícolas, acentuando o desequilíbrio ambiental. Além disso, o processo contínuo de erosão altera as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, gerando uma redução gradativa (cumulativa) de seu potencial produtivo, intensificando ainda mais a degradação desse recurso natural. Assim, a erosão do solo pode ser entendida como um indicador de que o uso e o manejo do solo e da água estão inadequados, e que práticas conservacionistas precisam ser adotadas.

Nesse contexto, para responder à questão proposta, “por que conservar o solo?”, pode ser realizada uma análise pela perspectiva da degradação do solo (custo) ou pela ótica da conservação do solo (benefício), ou mesmo considerando ambos os aspectos (custo-benefício). Os custos associados aos problemas gerados pela degradação dos solos, sobretudo pelo processo de erosão e os benefícios da conservação dele podem ser examinados a partir de pontos de vistas e interesses distintos: o da sociedade, de modo geral, preocupada com o coletivo, e o dos agricultores, focados no âmbito privado (unidade produtiva). Ou seja, para a sociedade todos os custos e benefícios de uma determinada atividade devem ser considerados. Já para o produtor importam mais os custos e os benefícios que afetam a sua unidade produtiva – mesmo sendo ele integrante da sociedade. Por exemplo, quando a produção agrícola gera um processo de erosão de tamanha grandeza que leva ao assoreamento de reservatórios d’água, ela representa um custo real para toda sociedade, inclusive para o próprio agricultor que gera o dano (a erosão). Mas os agricultores são propensos, na sua tomada de decisão, – como a de conservar ou não o solo – a considerar apenas os custos e benefícios que efetivamente revertem a seu favor, sem grande interesse em ajustar as distorções ambientais causadas.

Desse modo, um dos critérios de decisão quanto à adoção ou não de práticas à conservação do solo e da água, repousa sobre a ótica econômica, mediante a análise de custo-benefício. Por meio dos métodos econômicos, por exemplo, é possível valorar os custos gerados pelos danos causados pelo processo de erosão do solo, bem como os benefícios da adoção de práticas conservacionistas – tanto internos (dentro da porteira, *on-site*), quanto externos (fora da porteira, *off-site*) – à unidade produtiva. Para o caso específico da erosão do solo, o uso desse instrumental foi seminalmente empregado nos Estados Unidos, por Bennett (1933) e, no Brasil, por Marques et al. (1961). Em ambos os estudos há uma preocupação em mostrar à sociedade que a erosão das terras agrícolas, além de perdas físicas, pode gerar perdas econômicas significativas.

A sustentabilidade na agricultura está estritamente relacionada à adoção de práticas de manejo conservacionistas. Essas práticas são decisivas para controlar os danos causados pela erosão do solo, expressos, sobretudo, pelas perdas de água, terra, matérias orgânicas, nutrientes, e pelos impactos que esses danos podem causar ao meio ambiente. Além disso, do ponto de vista ambiental, o manejo e a conservação do solo e da água são de urgente importância, visto que a água doce é um recurso natural escasso, que tem se tornado cada vez mais custoso, e a perda

gradativa das camadas de terra pode tornar os solos improdutivos, gerando uma redução da biodiversidade.

## **2.2 Aspectos técnicos e ambientais da conservação do solo no Brasil**

Segundo Tavares Filho (2013), estima-se que, em função do processo de erosão, anualmente sejam perdidas mais de 500 milhões de toneladas de solos das áreas agrícolas do Brasil. Além de perdas de produtividade, devido ao desgaste das camadas mais férteis do solo e ao arraste de insumos agrícolas, ocorrem grandes prejuízos à população em geral, devido à poluição, ao assoreamento dos mananciais e às enchentes. Como exemplos podem ser citados: seca prolongada no Nordeste do Brasil; excesso de chuvas na região Norte, com inundação de grandes áreas; chuvas de alta intensidade na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, uma tragédia ambiental com grande prejuízo à saúde e bem-estar da população fluminense e para a economia estadual; a seca dos principais rios que abastecem grande parte da região metropolitana de São Paulo; e, mais recentemente, a seca, constatada pela primeira vez na história, da principal nascente do rio São Francisco. Embora apontados como aspectos de clima, e relacionados apenas ao recurso natural água, esses fatos não podem ser dissociados do que ocorre com o solo, com inadequado manejo das terras agrícolas, a redução da cobertura vegetal e da biodiversidade.

Há referências científicas de que para formar um centímetro de solo sejam necessários de 100 a 100.000 anos (KÜMMERER et al, 2010). Assim, o solo pode ser visto como um recurso natural não renovável na escala de tempo da vida humana. Desta forma, a falta de cuidado com a camada superficial da crosta terrestre causa desperdício deste recurso natural, que a natureza leva milhares de anos para constituir.

Do ponto de vista ambiental, a ocupação do território brasileiro para fins agropecuários se deu, de forma geral, sem os devidos cuidados em relação à preservação e à conservação de recursos naturais, como o solo e a água. Mesmo porque, num primeiro momento, o objetivo principal era a ocupação do território e, diante da abundância desses recursos, não houve a preocupação com a implementação de políticas públicas e de modelos institucionais que viabilizassem a racionalização do uso do solo e da água. Essa preocupação, no sentido intrínseco

à sustentabilidade, só surge após a erosão do solo gerar danos em grandes proporções e a terra se tornar relativamente mais escassa.

É com o início do ciclo de acelerado crescimento econômico nos anos 1960 que passa a predominar na agricultura uma constante busca por maiores produtividades com o uso intensivo da mecanização e dos chamados "insumos modernos" (sementes melhoradas, fertilizantes e defensivos agrícolas). No entanto, essa intensificação da agricultura acelerou o processo de erosão antrópica do solo e, diante disso, os sistemas conservacionistas de manejo do solo passaram a desempenhar um importante papel na sustentabilidade da produção agrícola.

O conceito difundido de sistemas de manejo do solo inclui o tipo de preparo do solo (equipamentos e operação), a combinação de culturas (rotação e sucessão) e as práticas de cultivo e controle de invasores. Assim, de forma geral, o manejo do solo consiste em um conjunto de operações realizadas com objetivo de propiciar condições favoráveis à sementeira, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado. Assim, o manejo, na rubrica ecológica, pode ser considerado como a gestão do ambiente e de seus recursos, de modo que seu uso possa ser constante, sem redução, em um futuro indefinido. Dessa forma, os aspectos ambientais do manejo e conservação do solo e da água são aqui abordados como meios para produção agrícola sustentável, levando-se em conta o controle das perdas pelo processo de erosão, o manejo, os resíduos culturais, da fertilidade química e biológica do solo e de sua composição física.

O processo de erosão é causado, principalmente, pela ação da água e do vento sobre o solo, sendo que a erosão causada pela chuva atinge a maior parte do planeta (ZACHAR, 1982). No Brasil, a chuva é uma das principais formas de degradação dos solos agrícolas. Trata-se de um processo que ocorre em três fases: desagregação, transporte e deposição de partículas. Além da água da enxurrada e das partículas de solo em suspensão, no escoamento superficial são transportados nutrientes e matéria orgânica. O processo erosivo pode alterar as características químicas, físicas e biológicas do solo, contribuindo para o declínio de sua fertilidade e, conseqüentemente, de sua capacidade produtiva (LAL, 1997, 2001; MORGAN, 2005).

Sendo a erosão hídrica a forma mais significativa do fenômeno erosivo no Brasil, a chuva é o fator climático de maior importância nesse processo, visto que o volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, da duração e da frequência da chuva. As características

físicas do solo – principalmente textura, estrutura e permeabilidade – vão determinar a velocidade da infiltração da água no solo e, por conseguinte, o volume de enxurrada. Face ao volume e a intensidade das chuvas nas diversas condições edafoclimáticas do país, a preocupação do manejo conservacionista é em como diminuir o impacto das gotas de chuva no solo e controlar o escoamento superficial, em função dos fatores topográficos, visto que a quantidade e intensidade das chuvas não são passíveis de controle do homem. No Estado de São Paulo, por exemplo, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) registrou valores de intensidade de chuva de até 150 mm em 15 minutos.

Os índices de erosividade médios anuais (que constituem o fator R da Equação Universal de Perdas de Solo – USLE) apresentam grande variabilidade espacial no Brasil, o que é natural, decorrente da diversidade climática existente nas diferentes regiões do país, indicando diferentes níveis de risco à erosão hídrica. Segundo Oliveira et al. (2013), 35 estudos realizados no Brasil utilizaram dados de precipitação pluviométricas para realizar o cálculo desse fator R (60% deles concentrados em localidades das regiões Sul e Sudeste). A erosividade anual da chuva, nas condições brasileiras, varia de 1.672 a 22.452 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os menores valores foram encontrados na região Nordeste, e os maiores na região Norte, sendo que a erosividade da chuva tende a aumentar de leste para oeste do território, especialmente na região Norte do país. Nos Estados Unidos, os valores do índice de erosividade média anual na maior parte do país estão abaixo de 5.900 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, apenas no extremo sudeste norte-americano que esses valores chegam a 8.500 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Ou seja, no Brasil a erosividade das chuvas se apresenta bastante elevada, comparativamente aos Estados Unidos. Assim, a quantidade de chuva e sua intensidade são componentes primordiais no manejo dos solos e devem ser motivos de cuidados.

Além disso, a erodibilidade de cada solo (fator K da USLE), sua suscetibilidade e tolerância à erosão também são questões essenciais para determinação das práticas agrícolas. A tolerância de perda de solo é a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, expressa em toneladas por unidade de superfície e por ano, sem comprometer os níveis de produtividade ao longo do tempo. Em outras palavras, essa tolerância reflete a perda máxima de solo que se pode admitir, com um grau de conservação que mantenha uma produção econômica em um futuro previsível com os meios técnicos atuais. Mannigel et al. (2002) determinaram, para solos do

Estado de São Paulo, valores de tolerância de perdas por erosão entre 2,68 e 14,70 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; e valores de K para o horizonte A de 0,0044 a 0,4278 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, e para o horizonte B de 0,0038 a 0,5750 Mg ha h ha<sup>-1</sup> MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>.

Além das partículas de solo, no processo de erosão são transportados pela água matéria orgânica, nutrientes e defensivos agrícolas, sendo que a falta de matéria orgânica e de nutrientes no solo pode comprometer o desenvolvimento das plantas e o transporte de defensivos pode ser fonte de poluição.

Estudos sobre a influência dos tipos de preparo do solo na perda de matéria orgânica e de nutrientes pela erosão do solo são bastante antigos no Brasil (GROHMANN; CATANI, 1949; GROHMANN et al., 1956; VERDADE et al., 1956), sendo que um dos fatores que determina a queda dos teores de matéria orgânica em áreas cultivadas é a perda da camada superficial do solo arrastada pela erosão – que concentra os maiores teores de matéria orgânica. Além disso, o manejo da palha e dos sistemas de produção também afetam a erosão e as quantidades de matéria orgânica no solo (DE MARIA et al., 1999, CRASWELL; LEFROY, 2001; CALEGARI et al., 2008).

Vários estudos abordaram o manejo da matéria orgânica do solo, entre eles cabe destacar: Reicosky et al. (1995), Reeves (1997), De Maria et al. (1999), Six et al. (1999, 2002), Machado & Silva (2001), Zinn et al. (2005), Hobbs et al. (2008), Calegari et al. (2008), Dieckow et al. (2009) e La Scala Junior et al. (2012). Em linhas gerais, pode-se dizer que os teores de matéria orgânica em condições naturais variam em função do tipo de solo e da vegetação. Esses teores, entretanto, são alterados pelos diferentes cultivos agrícolas. Os solos cultivados apresentam, normalmente, teores de matéria orgânica mais baixos do que aquele verificado nos solos com vegetação nativa. As perdas de matéria orgânica nos solos cultivados ocorrem pela oxidação dos compostos orgânicos e pelo arraste da camada superficial do solo pela erosão hídrica. Isso porque o preparo do solo aumenta a aeração, a atividade biológica e a oxidação, alterando a quantidade de material vegetal que retorna ao solo. Dessa forma, o aumento da matéria orgânica do solo só é possível com sistemas conservacionistas, especialmente com o plantio direto na palha. Nesses sistemas, o decréscimo no teor de matéria orgânica do solo em relação aos solos cobertos com vegetação nativa. Contudo, mas a quantidade de matéria orgânica

no solo sob estes sistemas dependerá, ainda, da textura do solo, do regime hídrico e da quantidade de massa vegetal deixada na superfície.

Já no que se refere às perdas de nutrientes pela enxurrada, esse fenômeno tem um considerável impacto ambiental, em termos de redução da qualidade do solo, da água e de poluição. Castro (1991) estimou, para o Estado de São Paulo, perdas anuais correspondentes a 939 mil toneladas de sulfato de amônio, 478 mil toneladas de superfosfato simples, 987 mil toneladas de cloreto de potássio e 2.191 mil toneladas de calcário dolomítico, equivalentes a 447 milhões de dólares em fertilizantes e corretivos. Para o Estado do Paraná foram estimadas perdas médias por erosão de 22,7 toneladas de terra por hectare, sendo os custos estimados pelas perdas de nutrientes de 121 milhões de dólares ao ano (DERPSCH et al., 1991). Além disso, no Estado do Paraná, com a adoção do plantio direto na palha as perdas por erosão (que chegavam a 60 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) poderiam ser reduzidas em até 90%, quando comparadas com o cultivo convencional, que na época representava uso da grade pesada ou arado de disco como preparo primário e duas ou mais gradagens leves para efetuar o preparo secundário. Na década de 1980, as perdas por erosão poderiam representar um prejuízo de US\$ 315 milhões por ano (TELLES et al., 2011), quando se considerava os 2,3 milhões de hectares com sucessão trigo e soja (solos em condições médias de fertilidade) (SORRENSON; MONTOYA, 1989).

Bahia et al. (1992) indicaram para o Brasil perdas por erosão proveniente de áreas agrícolas de 600 milhões de toneladas de terra por ano, perfazendo um custo da monta de US\$ 1,5 bilhões em função das perdas de nutrientes. Já Hernani et al. (2002) estimaram as perdas em 820 milhões de toneladas de terra por ano, totalizando um custo de US\$ 2,64 bilhões com perdas de nutrientes, representando aproximadamente 7% do Produto Interno Bruto (PIB) da agropecuária no ano de 2000.

Ainda que a ciência e a tecnologia venham avançando na apresentação de soluções para resolver os problemas gerados pela erosão (perdas de água, terra, nutrientes e matéria orgânica), com práticas conservacionistas de manejo do solo e da água, tais como com o plantio e preparo em nível, a rotação de culturas, o manejo dos resíduos culturais, o uso de terraços agrícolas e o plantio direto na palha, os impactos negativos da ação do homem na utilização desse recurso natural parecem ter intensificado ao longo do tempo.

Ainda no século XIX se propunha a inserção de cordões de árvores em meio aos cafezais, seguindo a linha de nível, como estratégia para conter o transporte de terra pela enxurrada e o conseqüente assoreamento e obstrução dos rios. Por volta de 1930, começam a ser empregadas em maior escala as chamadas “curvas de nível” e os terraços agrícolas, como medidas para diminuir o efeito das enxurradas (FONSECA FILHO, 1934; MENDES, 1936, 1938; CARDOSO, 1939a, 1939b; ABRAMIDES NETO; BORGONOV, 1941; SOUZA, 1942; RESENDE, 1943; MARQUES, 1943).

Até a década de 1970, a conservação do solo se resumia ao controle da erosão por meio de terraços. Isso acabou por fazer valer a percepção, errônea evidentemente, de que terraço era sinônimo de conservação do solo em culturas perenes e anuais. Mas, os terraços por si só não se mostraram eficientes no controle das perdas por erosão. Os custos elevados, o entrave ao trânsito de máquinas e a redução da produção na área próxima ao terraço, pela remoção do solo superficial ou por encharcamento por longos períodos, convenceram a todos que se utilizam, de alguma forma, dessa atividade sobre a importância do manejo entre terraços. Essa situação leva ao encontro do conceito original de que o terraço é uma técnica para controlar o excesso de enxurrada, o escoamento superficial, e não uma técnica para reduzir as perdas pela erosão, sendo importante adotar, primeiramente, práticas para a redução da desagregação do solo e para o aumento da infiltração de água entre os terraços.

Assim, o manejo entre terraços foi incentivado com a adoção de sistemas de preparo conservacionistas, sendo o uso do escarificador o mais difundido. Concomitantemente é introduzido o plantio direto na palha, ainda com sérias restrições para sua adoção devido ao manejo das plantas daninhas e a ausência de máquinas e implementos adequados às condições brasileiras, além de inicialmente ainda propiciar pouca cobertura do solo (BOLLIGER et al., 2006). Mas, com o tempo, a adoção do plantio direto na palha aumenta rapidamente, sistema esse que mobiliza o solo somente no sulco de plantio, reduz o impacto da chuva e o selamento superficial, aumenta a infiltração da água, mantém a superfície do solo coberta com resíduos culturais e, dessa forma, controla a erosão, minimizando os impactos ambientais da atividade agrícola.

A utilização dos resíduos culturais como cobertura do solo é uma maneira simples e eficaz de controlar a erosão nas áreas cultivadas. Os preparos conservacionistas, que mantêm

resíduos culturais cobrindo o solo, são capazes de controlar de 5% a 100% da erosão, com reduções de 50% a 100% das perdas de terra por erosão, em relação ao preparo convencional (BERTOL et al., 1997; BERTOL et al., 2007; MORAIS; COGO, 2001). As perdas no plantio direto na palha têm, de modo geral, sido menores do que no cultivo mínimo (ELTZ et al., 1984; BERTOL et al. 2007; PUGLIESI et al., 2011), em grande parte devido ao maior percentual de cobertura do solo. Bertol et al. (2007) verificaram que o plantio direto na palha, por proporcionar maior taxa de cobertura ao solo, promoveu redução de 57% nas perdas de água e de 88% nas de terra, em comparação ao preparo convencional.

Com o desenvolvimento do plantio direto na palha, permitindo que sua adoção em diversas condições edafoclimáticas e para diferentes culturas, esse tipo de preparo do solo passou a ser considerado, então, a principal prática de controle da erosão ou de conservação do solo. Ele se tornou o principal tipo de manejo do solo adotado em lavouras temporárias no Brasil (DERPSCH et al., 2010, LLANILLO et al. 2013). Mas para que qualquer tipo de manejo ou preparo do solo seja tecnicamente viável, é preciso se levar em conta o manejo da fertilidade do solo. Para criação de condições favoráveis para a vida e o crescimento vegetal, são aspectos importantes do manejo da fertilidade do solo o pousio, a aplicação de fertilizantes orgânicos ou minerais, adubação verde, cobertura morta, manejo e conservação da água e do solo, rotação de culturas e integração com animais e florestas.

O manejo da fertilidade do solo depende de uma combinação de fatores: as condições do recurso natural básico (solo), a disponibilidade da terra, de recursos como capital e trabalho (e seus valores relativos), a história agrícola local, o conhecimento do agricultor, sua motivação, habilidades e grau de orientação do mercado, os preços relativos dos insumos e, certamente, as políticas agrícolas.

Gastos com fertilizantes representam entre 20% e 41% dos custos de produção em culturas como a soja, o milho e o trigo (MATSON et al., 1998; CAVALETT; ORTEGA, 2009; SOUZA et al., 2012), tendo um impacto considerável sobre as despesas e receitas dos agricultores. Além disso, o volume de insumos aplicados em uma safra, que podem ser perdidos com o processo de erosão, pode representar até 50% dos custos de produção.

Com relação aos parâmetros físicos do solo, Tavares Filho (2013) destaca que eles desempenham um papel fundamental para produção agrícola, uma vez que os processos físicos

fundamentais que ocorrem nos solos, como o transporte de água, solutos, gases e calor, suprimento de oxigênio às raízes das plantas, trocas de gases com a atmosfera, infiltração, redistribuição, retenção de água, solutos no solo e extração destes pelas plantas, além de influenciar a biologia do solo, influem no desenvolvimento vegetal.

De forma geral, a estrutura do solo controla os processos físicos do solo e, entre eles, a infiltração, a retenção e o movimento da água que, por sua vez, controlam outros processos como a lixiviação e a erosão. A modificação da estrutura do solo se dá principalmente pelo preparo do solo, ou seja, pela mobilização da superfície do solo e sua desagregação, e pela compactação por máquinas e implementos.

Na prática, o manejo da estrutura do solo tem sido feito apenas para solucionar problemas de compactação que estejam afetando o desenvolvimento radicular ou reduzindo a infiltração de água e aumentando a erosão. Esse manejo é feito normalmente com subsoladores ou escarificadores, que rompem as camadas compactadas, sempre em caráter corretivo e não preventivo. No plantio direto na palha, embora haja modificações na estrutura do solo, sobretudo pelo tráfego de máquinas, essas modificações não representam impedimentos ao desenvolvimento das plantas.

Nesse contexto, há de se considerar que o plantio direto na palha, além de contribuir para a conservação do solo, controlando o processo de erosão, melhora a qualidade do solo (física, química e biológica). Gera, ainda, uma simplificação no processo produtivo, visto que elimina uma série de operações agrícolas, como arações e gradagens. Há também uma descomplexificação na gestão da unidade produtiva, redução do tempo de trabalho e, por consequência, menores custos de produção.

No entanto, a degradação do solo, aqui entendida como a redução da qualidade do solo e de sua produtividade devido a causas naturais ou induzidas pelo homem, com perda de sustentabilidade e redução da capacidade do solo em produzir em um determinado sistema agropecuário (LAL, 1997, 2001; MUELLER et al. 2010), resulta em perda de produção devido à insuficiência de nutrientes e água disponível para o desenvolvimento das plantas ou em maiores custos e decréscimo na eficiência das adubações. O uso impróprio da terra e tecnologias ineficientes de manejo têm sido apontados como os mais importantes fatores que conduzem à degradação do solo. Entretanto, os principais fatores de contribuição são as condições

econômicas dos fazendeiros pobres, frequentemente exacerbadas pelas políticas agrícolas que desencorajam os produtores a adotar procedimentos aperfeiçoados de manejo.

A atividade agropecuária é considerada o principal fator de degradação do solo porque ocorre em grandes extensões, seu impacto é difuso e, muitas vezes, tem difícil diagnóstico. A recuperação em áreas degradadas, mesmo quando necessária, deve ser procedida de uma análise econômica para determinar se esse é um procedimento viável (REQUIER-DESJARDINS et al., 2011), pois sua realização pode demandar altos investimentos. As terras degradadas podem ser reabilitadas de uma maneira economicamente viável por meio de práticas de manejo que visem a manutenção da cobertura do solo, a adubação apropriada de teores adequados de matéria orgânica, a rotação de culturas e as boas práticas de irrigação. Entretanto, a recuperação de terras severamente degradadas pode não ser economicamente viável. Recuperar ou reabilitar significa que a área degradada será conduzida a uma condição tal que possa exercer uma função anteriormente estabelecida ou uma nova função. A área terá, assim, condições mínimas para estabelecer um novo equilíbrio para que a terra possa ser utilizada em sua função precípua: a de produzir alimentos e dar sustentação à vida (PRETTY, 2008). Do ponto de vista econômico, há de se pensar na comercialização dessas terras. Nesse contexto, é factível considerar que terras degradadas, que demandam altos investimentos para manutenção da produção em níveis economicamente aceitáveis, devem apresentar preços menores, enquanto que terras não degradadas, cujos investimentos em conservação do solo já tenham sido realizados, cuja produção apresenta um bom retorno econômico, devem apresentar preços mais elevados.

### **2.3 Aspectos econômicos da conservação do solo**

A decisão de implantar ou não um sistema de manejo a fim de promover a conservação do solo e da água, está condicionada às relações nas quais os produtores rurais estão envolvidos: relacionamentos sociais, ideias culturais e valores morais. O resultado disso é um tipo de socialização que faz com que o indivíduo internalize profundamente a adoção das normas de comportamento convencional. Assim, se o grupo ao qual ele está inserido adota o sistema de

manejo conservacionista, motivado, muitas vezes, por ideais mercadológicos, ele será influenciado (direta ou indiretamente) a adotar um comportamento semelhante.

Na economia ambiental os recursos naturais são considerados como fontes de insumos e como meios com infinita capacidade de resiliência, não representando, ao longo do tempo, um limite absoluto à expansão econômica. Nesta abordagem, capital, trabalho e recursos naturais podem ser substituíveis entre si, sendo assumido que o progresso científico e tecnológico pode contribuir indefinidamente para a substituição de recursos naturais por capital e trabalho (ROMEIRO, 2012). O papel da tecnologia nas atividades produtivas, tornando disponíveis recursos que de outro modo seriam inaproveitáveis, é importante e largamente reconhecido (TAYLOR; YOUNG, 1985; SAMPSON; KNOPE, 1994; ALDY et al., 1998), mas nem a tecnologia nem a extração do valor da natureza se fazem de graça, pois muitas coisas são tecnicamente possíveis, mas não são economicamente viáveis (REGANOLD et al., 1990; PRETTY; WARD, 2001). O solo, por exemplo, pode em tese ser revitalizado quando suas substâncias nutritivas (fertilidade) estão reduzidas, levadas pela erosão ou por outra forma de degradação. Contudo, se não for interrompido esse processo de degradação, o mesmo pode comprometer de forma irreversível a sua capacidade produtiva (LAL, 2001; GISLADOTTIR; STOCKING, 2005).

As mudanças introduzidas pelo homem resultam em importantes modificações na produtividade do solo, para melhor ou para pior (MENZEL, 1991; PIMENTEL et al., 1995; KNOWLER, 2004.) Há de modo geral uma incapacidade de se distinguir entre os investimentos periódicos para garantir a sua produção corrente e os investimentos destinados a alterar a sua estrutura básica (CHAVAS 2001; RUTTAN, 2002). Para alguns, a conservação do solo é uma questão de crença ou princípios (de fé e ética) e, para outros, econômica (de negócios e comparação entre investimentos e lucros). Para Crosson (1985, 2007), a conservação consiste em um investimento para manter o nível de produção, diminuir a deterioração da produtividade e aumentar o potencial produtivo do solo. Todavia, a terra não pode ser considerada isoladamente, ela só é produtiva quando combinada – e não substituída – com trabalho e capital. Na análise microeconômica são combinados de diferentes formas os fatores de produção, contudo, para muitos produtores, esses fatores são considerados “fixos”.

Os danos e custos ambientais de degradação dos solos são muitos e inter-relacionados. Portanto, estimar a relação custo-benefício do manejo e conservação do solo e da água não é tarefa fácil. Mas, mesmo com estimativas parciais, tem sido possível verificar o impacto dos custos da erosão do solo para produtores e para a sociedade (TELLES et al., 2011), e sua redução com a adoção de práticas conservacionistas (CIRIACY-WANTRUP, 1947; BARBIER, 1990; KUHLMAN et al., 2010).

A valoração de custos e de benefícios ambientais está relacionada ao conceito de valor econômico total, desagregado pela soma dos valores de uso, de opção e de existência. Segundo Pearce (1993), os valores econômicos relacionados ao meio ambiente natural são mais facilmente reconhecidos quando existe um mercado para o recurso natural ou para os serviços ecossistêmicos, sendo possível então calcular o valor de uso por meio do preço. O valor de uso representa o valor atribuído pelas pessoas pelo uso ou pelo usufruto dos recursos naturais. Ele é composto pelo valor de uso direto – no qual o indivíduo usufrui no período corrente de um recurso visando, por exemplo, a extração, visitação ou alguma outra forma de atividade produtiva ou de consumo direto – e pelo valor de uso indireto – onde o benefício do recurso é derivado de suas funções ecossistêmicas. Porém, aquelas pessoas que não usufruem no presente de serviços prestados pelo meio ambiente podem também atribuir um valor a este. Trata-se de um valor relacionado à possibilidade de usos futuros, que podem gerar alguma forma de benefício ou satisfação aos indivíduos. Este valor é entendido como valor de opção, ou seja, opção para uso futuro ao invés do uso presente, conforme compreendido no valor de uso. O valor de existência, por sua vez, caracteriza-se como um valor de não-uso. Representa um valor atribuído à existência do meio ambiente independentemente do seu uso atual ou futuro. Denota um valor conferido pelas pessoas a certos recursos ambientais, como florestas e animais em risco de extinção, mesmo que não planejem usá-los ou apreciá-los.

### *2.3.1. Custos on-site e off-site da erosão do solo*

A maioria dos trabalhos feitos com o propósito de analisar as consequências econômicas da erosão do solo se refere aos impactos *on-site*. Como exemplo, temos os trabalhos

de Walker (1982), Gardner e Barrows (1985), Hertzler et al (1985), King e Sinden (1988) e Palmquist e Danielson (1989), que estudaram o efeito da erosão e da conservação do solo sobre o preço das terras agrícolas; os trabalhos de Pierce et al (1984), Dregne (1990), Pimentel et al. (1995) e Xu e Prato (1995), que analisaram os custos da erosão do solo em termos da perda de produtividade das terras agrícolas; os trabalhos de Swanson e MacCallum (1969), Jolly et al (1983) e Barbier (1990), que verificaram o impacto da erosão e da conservação do solo sobre a renda dos produtores. Ainda, Bennett (1933), Marques et al. (1961), Larson et al; (1983), Tengberg et al. (1997), Bertol et al. (2007) e Pugliesi et al. (2011), estimaram os custos gerados pela erosão em função das perdas de água, de terra e de nutrientes para diferentes culturas, tipos de solo e sistemas de manejo. As análises referidas foram feitas tendo em consideração diferentes escalas geográficas de detalhamento: país, estado, município, bacia hidrográfica e parcelas de erosão em áreas experimentais. De modo geral, na maioria desses estudos foi buscado estimar o impacto econômico da erosão do solo pela valoração dele sobre seu custo de produção, tomando por base, como indicado anteriormente, os custos e os benefícios gerados por outros bens ou serviços cujos preços são determinados pelo mercado. De modo geral, para a aplicação desse método, primeiramente são determinadas as perdas físicas geradas pela erosão do solo (por exemplo, nutrientes, produção agrícola etc.) e, em seguida, é estabelecido o valor econômico dessas perdas. No caso específico das perdas de nutrientes, estas são convertidas em fertilizantes comerciais – que têm preços de mercado – possibilitando, assim, estimar seus custos.

Contudo, do ponto de vista econômico, o custo da erosão não depende apenas da quantidade física de terra, água ou insumos agrícolas que foram perdidos com o processo de erosão, mas dos efeitos econômicos dessas perdas. Em outras palavras, os dados físicos expressam uma grandeza quantitativa ou até mesmo qualitativa do processo erosivo, mas não são suficientes para indicar o valor econômico de seus impactos à sociedade e demonstrar a importância da conservação do solos.

Os efeitos *on-site* da erosão do solo atingem diretamente as terras agricultáveis, pela perda de água, terra, matéria orgânica e nutrientes, resultando em um aumento nas despesas para manutenção da fertilidade do solo. Isso porque, na tentativa de equacionar o problema, muitos agricultores adotam tecnologias de compensação, aplicando volumes cada vez maiores de fertilizantes, que majoram os custos de produção – tanto pelo aumento do custo dos fertilizantes

quanto do custo de aplicação. Essa dinâmica encontra respaldo na essência das definições de tolerância de perda de solo, que leva embutida a ideia de manutenção da produtividade (SCHERTZ, 1983).

Bennett (1933) foi um dos primeiros autores a descrever a seriedade do problema da erosão do solo, sistematizando quais seriam os prejuízos gerados, inclusive os econômicos. Relacionou impactos como a perda de matéria orgânica, de fertilidade e de produtividade aos custos, além de indicar as despesas necessárias para reverter o processo de degradação do solo. Suas pesquisas buscaram alertar o Governo e os produtores rurais norte-americanos sobre a importância das práticas conservacionistas do solo. Tais estudos foram particularmente relevantes frente a uma situação catastrófica, no que se refere à degradação das terras agrícolas, instaurada desde as primeiras décadas do século XX nos Estados Unidos.

Os estudos de Wilcox (1938), Ibach (1945), Weitzell (1947), Blosser (1953), McConnell (1983), Lutz et al. (1994), entre outros, retratam os aspectos econômicos que podem determinar a adoção ou não de tecnologias que visam a conservação do solo, relacionando tal decisão à fertilidade e à produtividade das terras agrícolas. De forma geral, levando em consideração a tolerância de perda do solo por erosão, o uso do solo com um determinado estoque de fertilidade natural pode ser benéfico para o produtor durante o tempo em que o seu uso representar custos menores do que seriam se a fertilidade tivesse que ser mantida ao longo do tempo. Nesse caso, o impacto da erosão do solo é visto unicamente como uma depleção da fertilidade – enquanto não ocorrer a deterioração da produtividade do solo. Como isso resulta em maiores receitas e retornos líquidos para o produtor, haveria um desestímulo em se adotar sistemas de manejos conservacionistas, pois, em curto prazo, este tipo de manejo demandaria investimentos (terraços, por exemplo), aumentando os custos e reduzindo os rendimentos iniciais. Entretanto, quando o sistema de exploração do solo diminui a sua fertilidade natural, o que causa também a redução de sua produtividade, as consequências econômicas para o produtor são bem maiores do que o custo dessas ações preventivas. Assim, os retornos líquidos são menores do que a receita líquida e, conseqüentemente, a renda do produtor e o preço de suas terras decrescem anualmente.

Barlowe (1986) demonstrou as variações nas rendas futuras dos agricultores, com e sem a adoção de investimentos em conservação do solo. Para o autor, se a conservação do solo é

definida como o esforço para modificar uma tendência em sua produtividade, de modo a torná-lo melhor do que seria normalmente, então a conservação implicaria em uma distribuição dos investimentos e da produção anual diferente da que existiria de outra forma que não a conservacionista. Entretanto, esta análise foi feita exclusivamente em termos da renda anual esperada pelo produtor, sendo válida apenas nesses termos, pois não leva em conta a possibilidade da valorização das terras em consequência da estabilização da produtividade. Se o mercado de terras fosse perfeito, as diferenças futuras na produtividade seriam refletidas perfeitamente no seu valor atual.

Um outro aspecto a se considerar é que as perdas geradas pela erosão levam à diminuição da profundidade dos solos cultiváveis e da umidade disponível para as plantas, podendo limitar o que pode ser cultivado, o que acarretar já em instabilidade na produção de alimentos, aumento dos preços dos produtos derivados de *commodities* agrícolas (BAVER, 1951; FLETCHER, 1985), desvalorização no valor das terras ou, até mesmo, abandono do estabelecimento agropecuário (FLETCHER, 1985; PALMQUIST; DANIELSON, 1989; TEGTMEIER; DUFFY, 2004).

Para Bunce (1942) e Colacicco et al. (1989), do ponto de vista econômico, os danos da erosão do solo na produtividade podem ser de dois tipos, os permanentes e os temporários. Os danos permanentes ocorrem quando o potencial produtivo é afetado pela redução da profundidade de enraizamento e pela perda de capacidade de retenção de água. Isso provoca uma queda permanente da renda e, eventualmente, eleva os preços dos produtos agropecuários para o consumidor. Por sua vez, os danos temporários se referem à alteração do potencial produtivo causada pela perda de nutrientes e outros insumos que podem ser repostos a um custo igual ou menor que o custo da conservação do solo e da água. Neste caso, não ocorre redução permanente da produtividade nem do retorno obtido com a exploração das terras agrícolas.

Existem também outros impactos da erosão do solo ligados à produção, tais como gastos adicionais com irrigação, custos de replantio, perdas de investimentos em sistemas de produção melhorados – que se tornam ineficientes em solos com erosão antrópica - e custos com maquinário e mão de obra necessários para reparar os danos gerados pelo processo erosivo. Assim, os agricultores que dependem das atividades agrícolas, quando sujeitos a processos

contínuos de erosão do solo, gradativamente empobrecem, pois sua renda terá um comportamento decrescente e proporcional ao impacto da degradação de suas terras agrícolas.

Nas áreas onde a erosão limita ou inviabiliza a produção, o trabalho no campo deixa de compensar o esforço e os investimentos. Assim, famílias e trabalhadores rurais acabam migrando para os centros urbanos, que por sua vez, recebem uma mão de obra despreparada para outro tipo de trabalho que não aquele ligado ao campo, podendo originar os chamados bolsões de pobreza (SANTOS, 2005). Com isso, essas pessoas se tornam socialmente vulneráveis e passam a demandar assistência governamental para sua sobrevivência.

Além disso, o processo contínuo de degradação dos recursos naturais (sobretudo da água e da terra), pela ótica da racionalidade econômica, pode representar um processo de empobrecimento da sociedade, pois quanto mais caro o processo produtivo mais caro o preço dos alimentos, reduzindo o poder de compra dos consumidores, com inúmeros desdobramentos sociais e macroeconômicos (NAPIER et al., 1991; ALFSEN et al., 1996).

Marques et al. (1961) foram os primeiros pesquisadores a realizar estudos empíricos relacionando perdas geradas pelo processo erosivo a custos econômicos, no Brasil. Os autores apresentaram os dados obtidos na primeira fase dos trabalhos da Seção de Conservação do Solo, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), entre os anos agrícolas de 1943/1944 a 1958/1959, no Estado de São Paulo, em talhões experimentais, com chuva natural. Eles estudaram os efeitos sobre as perdas por erosão considerando as seguintes variáveis: tipo de solo, sistema de preparo do solo, incorporação da matéria orgânica, rotação de culturas, tipo de uso do solo, cultura, declividade e práticas conservacionistas. Comparando áreas de mata, pastagem, cafezal e algodão, determinaram a perda de solo em toneladas por hectare ao ano, o valor dos elementos nutritivos (N, P, K) contidos em forma assimilável na terra por hectare ao ano, o tempo gasto em anos para que ocorra o desgaste de uma camada de 15 cm de profundidade e a perda de água em porcentagem sobre a chuva anual. Nesse estudo constataram que as maiores perdas e custos ocorreram no algodão, lavoura na qual os solos eram mais intensivamente revolvidos e apresentavam menor cobertura pelas características do sistema de cultivo. Em áreas de matas e pastagens nativas, as perdas e custos eram praticamente nulos. Além disso, observaram que, com a intensificação da atividade agrícola a erosão passou a ser considerada, além de uma questão agrícola, um problema econômico de grandes proporções. Marques et al. (1961) e Bertoni e

Lombardi Neto (2010), foram os primeiros pesquisadores brasileiros a associar a erosão do solo a questões de ordem econômica, estimando o custo-benefício entre o uso do solo e os retornos financeiros de sua conservação.

Sorrenson e Montoya (1989), considerando uma perda média de  $20 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para os seis milhões de hectares com culturas anuais do Estado do Paraná em 1984, estimaram custos de aproximadamente 242 milhões de dólares ao ano em função das perdas de nutrientes carregados pela erosão laminar do solo (N, P, K) e de 34,5 milhões de dólares ao ano pela redução da produção em áreas degradadas quando nos estágios de sulcos e voçorocas, o que perfaz um custo total anual de 276,5 milhões de dólares.

Marques (1998) utilizou as metodologias dos custos de reposição de nutrientes e da produção sacrificada para avaliar os efeitos *on-site* e *off-site* da erosão do solo na bacia hidrográfica do Rio Sapucaí (área de 946.117 ha), do Estado de São Paulo. Segundo o autor, o valor econômico do dano ambiental externo (*off-site*) foi de expressiva grandeza à taxa de desconto de 3% a.a., correspondendo ao custo anual equivalente de US\$ 9.854.490,00. Por outro lado, os valores anuais dos custos *on-site* impostos pela erosão dos solos agrícolas se situaram por volta de US\$ 5.377.913,00. Ou seja, as estimativas anualizadas dos custos *off-site* correspondem a quase o dobro dos custos *on-site*.

Rodrigues (2005) estudou os custos da erosão do solo comparando o plantio direto na palha e o cultivo convencional para as culturas de soja e milho, no município de Mineiros, região dos Cerrados no Estado de Goiás, no que tange os custos *on-site* relacionados às perdas de fertilizantes e corretivo de solo (ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico) e os custos *off-site* relacionados ao assoreamento para os sistemas de captação de água. As culturas da soja e do milho no referido município ocupavam uma área de 55.536 ha. A valoração econômica foi realizada pelo método dos custos de reposição de nutrientes. Segundo o autor, na soja a adoção do plantio direto na palha reduziu em 81,22% os custos da erosão do solo em comparação ao cultivo convencional. No cultivo do milho, os custos de produção do plantio direto na palha foram 5,92% menores do que no cultivo convencional e houve uma redução vis-à-vis nos custos da erosão de 29,43% em favor do primeiro tipo de preparo do solo. Na área de estudo os danos ambientais anuais causados pelo cultivo convencional foram estimados em R\$ 317.213,00 e no plantio direto na palha em R\$ 81.376,00. A adoção do plantio direto na palha

nas culturas de soja e milho demonstrou ser eficiente na redução de perdas e custos relacionados à erosão dos solos.

Bertol et al (2007) quantificaram as perdas de água, de terra, de P, K, Ca e Mg na água, de P disponível e de K, Ca e Mg trocáveis nos sedimentos da enxurrada, perdidos por erosão hídrica, em um experimento realizado sob chuva natural, entre novembro de 1992 e outubro de 2003, no sul do Planalto Catarinense. O tipo de solo era um Cambissolo Húmico Alumínico Léptico, com declividade média de  $0,10 \text{ m m}^{-1}$ , tendo sido avaliados três sistemas de manejo do solo: preparo convencional (PC), preparo mínimo (PM) e semeadura que é equivalente ao plantio direto, direta (SD). Para estimativa dos custos, as quantidades de nutrientes perdidos foram convertidas em quantidades equivalentes de fertilizantes comerciais (superfosfato triplo, cloreto de potássio) e calcário. Os valores obtidos para perdas por hectare ao ano na SD foram de 14,83 dólares, no PM foram de 16,33 dólares e no PC foram 24,94 dólares. Os resultados evidenciam menores perdas nos sistemas conservacionistas de manejo do solo e da água, principalmente do SD.

Uma das limitações dos estudos realizados, utilizando o método de custo de reposição em suas estimativas é a de considerar que todos os nutrientes perdidos com o processo de erosão deverão ser repostos. Outra limitação está na qualidade nos dados utilizados, pois em muitos estudos são utilizados dados publicados sobre de perdas de terra, água e nutrientes de experimentos realizados por outros pesquisadores, que não refletem as condições edafoclimáticas da área para qual as estimativas estão sendo realizadas. Ainda em relação aos dados, alguns são oriundos de estudos não experimentais, em que os autores se utilizam de informações publicadas acerca da fertilidade média do solo, sendo então feitas inferências sobre o volume de terra, água e nutrientes que estariam sendo carregados pelo processo erosivo a fim de estimar volume de perdas. Em outras palavras, pode-se dizer que a grande maioria desses estudos apresentam estimativas bastante imprecisas da realidade, com muitas limitações metodológicas, sobretudo em função das informações utilizadas. Já os trabalhos baseados em experimentos de campo, que representam uma condição edafoclimática específica, trazem resultados mais confiáveis, com metodologias mais robustas. Normalmente nesses estudos não é considerado o conceito de custo de reposição, e sim os custos decorrentes das perdas de fertilizantes analisados para um determinado período de tempo – custo de substituição. A maior limitação, nesse caso, é a própria condição experimental

considerada, que pode não ser representativa da realidade de uma bacia hidrográfica ou outro nível superior de inferência.

Como mencionado anteriormente, os impactos *off-site* da erosão transcendem os limites da unidade de produção agrícola, afetando não só outros agricultores, mas a sociedade como um todo (CLARK 1985; COLACICCO et al., 1989). Esses efeitos têm implicações econômicas, principalmente na forma de diminuição da utilidade de um ou mais indivíduos ou do aumento dos custos de produção de um ou mais produtores. Segundo Mishan (1971), o termo externalidade (ou efeito *off-site*) é comumente definido em função da resposta da produção de uma empresa (rural ou urbana) ou da utilidade de uma pessoa à atividade de outras firmas e/ou outras pessoas.

O efeito *off-site* produzido, em geral, não é uma criação deliberada ou intencional, mas corresponde a um subproduto de uma atividade desejada pela sociedade – no caso da erosão, uma externalidade do processo de produção do setor agrícola. Nesse contexto, a produção agrícola é uma atividade desejada pela sociedade, que entanto, pode gerar como subproduto a erosão acelerada do solo; esta, por sua vez, torna-se uma fonte de poluição dos corpos d'água derivados, sedimentos e elementos químicos arrastados. Tal poluição se constitui em uma externalidade negativa da agricultura, impactando, por exemplo, as atividades das empresas encarregadas do tratamento de água para o abastecimento urbano.

Como o processo erosivo hídrico pode arrastar não só partículas de solo, mas também elementos químicos que estejam a elas associados, como nutrientes e agrotóxicos, até os corpos d'água (córregos, rios, reservatórios, lagos etc.), outra externalidade negativa decorrente é a sedimentação (CLARK, 1985; HUSZAR; PIPER, 1986; CROWDER, 1987; PIMENTEL et al., 1995; STEINER et al., 1995; MONTANARELLA, 2007). A sedimentação é o transporte dos materiais carreados pela enxurrada e a sua acumulação em um sítio de deposição. Para estimar os custos associados a esse processo, os pesquisadores precisam inicialmente discriminar o sítio de deposição que pretendem trabalhar, sejam eles os corpos d'água, estradas, ferrovias, propriedades vizinhas ou outros, para posteriormente determinar a quantidade de sedimentos que o atinge. Quando o sítio de sedimentação é um corpo d'água, haverá redução do leito do canal fluvial, redução da capacidade de vazão de rios, córregos, reservatórios e valas de drenagem, aumento do risco de inundações, bloqueio de canais de irrigação, encurtamento da vida útil das represas e

danos para a fauna e flora aquática e silvestre (pela destruição de suas fontes de alimento, esconderijos e lugares para aninhar) (CLARK, 1985; FORSTER et al., 1987; ROBERTSON; COLLETTI, 1994; PIMENTEL et al., 1995; URI, 2001). O fluxo de sedimentos, ao atingir córregos, rios e barragens, ocasiona modificações no sistema de deflúvio e problemas ao meio ambiente, alterando-lhes a estrutura e ecologia e potencializando prejuízos à navegação, à captação, ao armazenamento e distribuição de água para o abastecimento urbano, à irrigação, à drenagem, à recreação (RIBAUDO et al., 1989; HANSEN et al., 2002). Por sua vez, os principais impactos fora dos corpos d'água se referem ao aumento dos custos de bombeamento, condução e tratamento de água, e ao aumento da magnitude das inundações e deslizamentos de terras (CLARK, 1985). De forma geral, esses custos são calculados pelas despesas com os reparos dos danos nas áreas atingidas por esses fenômenos.

Com a sedimentação, a infiltração da água no solo é reduzida, podendo ocorrer aumento no volume da enxurrada. Com isto, tornam-se mais frequentes as súbitas elevações de vazão e cresce a poluição, devido às maiores quantidades de resíduos conduzidos aos cursos d'água, como partes de plantas, dejetos de animais, fertilizantes químicos e pesticidas. Assim, como os sedimentos carregam consigo nutrientes, podem aumentar os níveis de nitrogênio e de fósforo nos corpos d'água, resultando em eutrofização (PIMENTEL; KOUNANG, 1998). Além disso, por meio do processo de degradação dos solos é liberado o CO<sub>2</sub> na atmosfera (LAL, 2007; SALVATI; ZITTI, 2009).

Quando os sedimentos atingem, por exemplo, reservatórios de hidroelétricas, no decorrer do tempo pode haver necessidade de dessedimentação do leito, que acarretará custos operacionais de desassoreamento das represas (HITZHUSEN et al., 1984; MARQUES, 1998). Tais custos representam aumento nos gastos da geração de energia elétrica (MARQUES, 1998), que serão repassados aos consumidores. Muitas hidrelétricas e projetos de irrigação foram abandonados em consequência da erosão (CROWDER, 1987; COLACICCO et al., 1989).

Hitzhusen et al. (1984) trataram a conservação do solo como um problema de segurança nacional nos Estados Unidos, com base nos altos custos sociais decorrentes do assoreamento de reservatórios de hidroelétricas e da possibilidade de faltar alimentos decorrentes, principalmente, do processo de erosão do solo. Ele estima que metade dos quatro bilhões de toneladas de sedimentos depositados anualmente nos reservatórios d'água dos Estados Unidos

sejam provenientes da agricultura. Considerando um custo de dragagem de 0,50 dólares por tonelada, o autor estimou gastos decorrentes do processo de erosão dos solos agrícolas em um bilhão de dólares ao ano e, levando em conta os custos de tratamento d'água, tal cifra se elevaria para três bilhões de dólares ao ano. Isso porque, se os sedimentos depositados pela erosão do solo atingirem estações de tratamento de água, haverá intensificação do uso de produtos químicos, sobretudo daqueles relacionados à redução da turbidez da água, elevando os custos de oferta de água tratada para o consumidor final.

Clark (1985) estimou que as externalidades geradas pela fonte difusa de poluição originada da agricultura implicou em prejuízos de aproximadamente 2.2 bilhões de dólares, para os Estados Unidos, compreendendo 830 milhões de dólares decorrentes dos danos às atividades recreativas, 200 milhões de dólares em função da perda de capacidade dos reservatórios, 180 milhões de dólares referentes a custos com navegação, 250 milhões de dólares em prejuízos decorrentes de inundações, 100 milhões de dólares em prejuízos com instalações de canais de irrigação, valas de drenagem e bombeamento de água, 30 milhões de dólares com o tratamento de água e 990 milhões de dólares devido a outros impactos.

Forster et al (1987) apontaram que uma redução de 25% na erosão do solo, diminuiria em US\$ 2,7 milhões os custos anuais com tratamento de água no Estado de Ohio, nos Estados Unidos. Holmes (1988) determinou o efeito marginal da turbidez sobre o custo de tratamento da água, para os Estados Unidos. Os resultados indicaram que o aumento de 1% da carga de sedimentos produzida pela erosão do solo causa um acréscimo de 0,05% nos custos de operação e manutenção das estações de tratamento de água. Para a bacia hidrográfica do Rio Sapucaí-Mirim, localizado ao norte do Estado de São Paulo, Marques (1998) estimou que os custos anuais gerados pelo impacto da sedimentação são de aproximadamente US\$ 10 milhões.

Quando os sedimentos atingem estradas, carreadores, ferrovias e outros caminhos, além do custo de remoção do sedimento, existem os custos de manutenção e reparos dos danos causados às vias de locomoção. Desta forma, a operacionalização da estimativa dos custos *off-site* é feita pela agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na produção ou pelo benefício gerado pela reparação de um dano. Ademais, os custos *off-site* podem se referir a consequências macroeconômicas determinando, por exemplo, o aumento no preço das commodities agrícolas (ALFSEN et al., 1996; COHEN et al., 2006).

Além desses estudos, há aqueles que consideraram os custos e benefícios da degradação e/ou conservação do solo e da água sobre o preço das terras agrícolas. Miranowski e Hammes (1984) evidenciaram que as alterações nas características do solo causadas pela erosão são refletidas nos preços das terras, ou seja, terras com problemas de erosão têm preços menores do que aquelas que não possuem esse problema. Por outro lado, o estudo de Michellon e Reydon (2006) indica que, nas áreas que foram consideradas de alta prioridade por programas estaduais de conservação do solo e da água no estado do Paraná, e nas quais foram realizados maiores investimentos em práticas conservacionistas e incentivos à adoção do plantio direto na palha, o preço das terras sofreu valorização em relação às áreas, de média e baixa prioridade.

A produção agrícola geralmente se encontra sujeita a um sistema bem especificado de direitos de propriedade e de estrutura de preços, mas o seu subproduto ‘erosão’ não é desejado e nem incorporado nos mercados. Além disso, verificou-se que os custos globais da produção agrícola causados pelos efeitos *off-site* da erosão são maiores do que os custos *on-site*. Nesse contexto, a ação da sociedade, por intermédio do Estado, na formulação de políticas públicas visando à conservação do solo e da água é desejável quando a conservação é economicamente vantajosa para o produtor agrícola, mas ele não a adota. No caso em que a conservação não é economicamente vantajosa para o produtor, mas sim para a sociedade, a justificativa econômica é que, sem a implantação das políticas públicas, os retornos líquidos sociais serão menores do que os retornos líquidos privados.

#### **2.4. Considerações finais**

No cultivo convencional, forma tradicional de manejo do solo, a terra é arada e gradeada com muita intensidade e frequência, enquanto que com o plantio direto na palha, não se revolve o solo, pois a ordem é parar de arar e gradear, para evitar sérios problemas, como a compactação, erosão, assoreamento e contaminação das águas com pesticidas, devido ao carreamento pela enxurrada de materiais do solo para os rios. Quando se ara e gradeia, perdem-se solo e água devido à desagregação do solo torná-lo mais suscetível à erosão causada pela chuva, sendo que nutrientes também são carreados. Como resultado, tem-se a degradação das terras, a

queda da produtividade agrícola, o assoreamento dos leitos dos rios e a eutrofização (enriquecimento das águas por nitrogênio e fósforo), que promove a proliferação de algas e plantas aquáticas, que, por sua vez, reduzem oxigênio da água, provocam a mortandade de peixes e poluição dos corpos hídricos. Além disso, arar ou gradear o solo promove oxidação da matéria orgânica do solo, o aumento da sua decomposição e a diminuição do seu teor, com aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), particularmente, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

O plantio direto na palha preserva o solo e a água, recursos naturais que não podem ser vistos separadamente. Esse sistema é caracterizado pela manutenção, durante o ano todo, de plantas em cultivo e, portanto, de raízes vivas (ativas e efetivas), mediante o uso da máxima biodiversidade. As plantas promovem a cobertura permanente do solo, por meio de sua parte aérea (viva) e de seus resíduos (cobertura morta). As raízes vivas são responsáveis pelos efeitos benéficos e manutenção da qualidade física, química e biológica do solo. Para que isso seja possível, é necessária a utilização de todo o arcabouço conhecido de práticas agrícolas conservacionistas, como por exemplo, a consorciação de culturas e de formas de exploração agrícola, e a rotação, no espaço e no tempo, das espécies cultivadas e das atividades econômicas agrícolas.

O complexo de processos concebido pela agricultura conservacionista constitui a base de sustentação da agricultura, conservando o solo, a água, o ar e a biota dos agroecossistemas, bem como prevenindo a poluição e degradação dos sistemas do entorno. Por ser entendida como agricultura eficiente na utilização dos recursos disponíveis, a agricultura conservacionista é contemplada como mecanismo de transformação, de organização ou reorganização e de sustentação de agroecossistemas, objetivando obter competitividade para o agronegócio, e atendendo às necessidades socioeconômicas, que garantam segurança e qualidade alimentar, e que mantenham sustentabilidade ao meio ambiente.

Nesse contexto, se considerado como indicador a evolução do plantio direto na palha no Brasil, que segundo Llanillo (2013) representa cerca de 50% das áreas agrícolas ocupadas por lavouras temporárias, a agricultura brasileira, conforme indicações de Hobbs et al. (2008) e de Derpsch et al. (2010), pode ser considerada uma das mais conservacionista do mundo, sobretudo em relação à questão ambiental.

### **CAPÍTULO 3. O preparo do solo e práticas conservacionistas no Brasil**

Este capítulo tratará do desenvolvimento do plantio direto na palha e da utilização de práticas complementares de conservação do solo no Brasil, relacionando-os ao preço das terras. Para tanto, serão apresentados os dados sobre o percentual da área ocupada e o preço das terras agrícolas com os diferentes tipos de preparo do solo no Brasil, nas Grandes Regiões e nas Unidades da Federação, a fim de indicar, numericamente, que o plantio direto na palha pode colaborar para valorização dos preços das terras agrícolas. Além disso, para Grandes Regiões, será verificado em que medida o plantio direto na palha está sendo realizado concomitantemente com práticas conservacionistas do solo, atendendo aos princípios da agricultura conservacionista.

#### **3.1 Os principais tipos de preparo do solo no Brasil**

Os principais sistemas de preparo do solo são o cultivo convencional, cultivo mínimo e o plantio direto na palha. O preparo do solo tem a finalidade de oferecer condições de germinação das sementes depositadas no solo, emergência das plântulas, estabelecimento e desenvolvimento das plantas cultivadas. É uma prática usada para estabelecer condições ideais ao crescimento radicular, de forma a favorecer o desenvolvimento da cultura, melhorando a capacidade de absorção e retenção de água, controlando plantas invasoras, garantindo a atividade biológica e aerando o solo. Se realizado de forma incorreta, dificulta o desenvolvimento do sistema radicular da planta, pode levar ao encharcamento rápido e à formação de uma camada compactada de solo

Neste trabalho adotar-se-á para classificação quanto ao tipo de preparo do solo (manejo) as nomenclaturas utilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Censo Agropecuário de 2006, ou seja, o cultivo convencional, o cultivo mínimo e o plantio direto na palha, como já mencionados anteriormente, e que serão mais detalhados a seguir.

O cultivo convencional – também referido como preparo convencional ou plantio convencional – consiste no revolvimento de camadas superficiais do solo com o uso de arado,

grade aradora ou equipamento equivalente. Tal revolvimento do solo promove também o corte e o enterrio das plantas daninhas e, em alguns casos, auxilia no controle de pragas e patógenos do solo pela sua exposição à radiação solar e aos predadores. É realizado geralmente em duas etapas, o preparo primário e o preparo secundário. O preparo primário consiste de uma movimentação maior do solo, com a aração ou a escarificação, sendo utilizado para tarefas como incorporação de corretivos e fertilizantes, incorporação de resíduos vegetais e eliminação mecânica de plantas daninhas, ou para a descompactação superficial. O preparo secundário, por sua vez, tem como objetivo a preparação do leito de semeadura, e consiste na operação de destorroamento e de nivelamento da camada arada de solo por meio de gradagens do terreno. Contudo, a intensificação do revolvimento do solo potencializa a desagregação e o arraste de partículas pelo processo de erosão, resultando em perdas de solo e água, na redução da fertilidade natural do solo e na sua capacidade produtiva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010). Essas perdas tornam evidente a necessidade de se utilizar tipos de preparo que reduzam a mobilização do solo, de forma a limitar a desagregação de partículas, como ocorre no cultivo mínimo e no plantio direto na palha.

A redução dessas operações agrícolas visa, além do controle da erosão do solo, a diminuição da compactação causada pelo tráfego de máquinas e a economia com combustível, reparos, manutenção e mão-de-obra, os quais serão tanto menores quanto menor for o número de operações agrícolas envolvendo máquinas e implementos para o preparo do solo.

O cultivo mínimo – chamado também de preparo reduzido ou preparo mínimo – é caracterizado por um conjunto de operações mínimas de preparo do solo, sendo o resultado da busca por menores impactos ambientais na operação de preparo do solo em relação ao preparo convencional. Tem como objetivo a redução das operações agrícolas necessárias ao preparo do solo para a semeadura. O preparo do solo é restrito às linhas ou covas de plantio, mantendo-se os resíduos da cultura anterior com intuito de minimizar os efeitos do processo de erosão do solo. Basicamente, as operações no cultivo mínimo são a escarificação, o preparo com enxada rotativa e gradagem pesada. Na escarificação, o solo é preparado sem inversão da camada superficial. No sistema de cultivo mínimo com enxada rotativa, embora não ocorre o tombamento da sua camada superior, o solo é cortado em pequenas frações por meio de lâminas rotativas, causando alta mobilização do solo, implicando na destruição da estrutura e pulverização do mesmo. A

superfície do solo fica com pouca ou nenhuma vegetação favorecendo a formação de crosta superficial. Por sua vez a gradagem pesada rompe os blocos de terra, controla plantas daninhas e realiza o nivelamento da área para abertura do sulco de plantio.

O terceiro tipo de preparo de solo, segundo a classificação adotada, é o plantio direto na palha, que consiste no cultivo sem o revolvimento da terra, com a manutenção na superfície do solo de uma camada de resíduos (palha) ou de vegetação para protegê-lo. Essa cobertura tem por finalidade proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva e do escoamento superficial, ou seja, da erosão do solo. A semeadura é feita por meio de semeadora especializada capaz de semear diretamente no solo não preparado, num sulco de largura e profundidade suficientes apenas para cobrir a semente e depositar fertilizantes, sendo o plantio realizado diretamente sobre a palha (restos) da cultura anterior. Este tipo de preparo de solo visa diminuir a excessiva movimentação do solo, sobretudo como a que ocorre no cultivo convencional, não utilizando arações nem gradagens, e a manutenção de cobertura ou resíduos vegetais na superfície do solo.

### *3.1.1 O (sistema) plantio direto na palha no Brasil*

O Brasil é um dos líderes mundiais no uso do plantio direto na palha (DERPSCH et al., 2010), onde este tipo de preparo do solo é utilizado em mais da metade da área cultivada com lavouras temporárias (LLANILLO et al., 2013).

Como tipo de preparo do solo, o plantio direto na palha por si só não integra todos os princípios fundamentais da agricultura conservacionistas, apenas um deles: o não revolvimento do solo. Quando o plantio direto na palha atende aos demais princípios básicos da agricultura conservacionistas – aliando também a rotação de culturas e o uso de culturas de cobertura para formação de palhada – passa a ser denominado de sistema plantio direto.

Assim, o sistema plantio direto compreende um conjunto de técnicas integradas que visam a melhorar as condições do agroecossistema e a interação dos componentes água-solo-clima. Os três requisitos mínimos a serem atendidos são o não revolvimento do solo, a rotação de culturas e o uso de culturas de cobertura para formação de palhada. Alguns adeptos ao sistema também adotam o manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas.

O sistema plantio direto contribui para que o solo não seja levado pela erosão hídrica, armazenando e deixando disponível aos cultivos mais nutrientes, fertilizantes e corretivos (BOLLIGER et al., 2006; SILVA et al., 2009). Ele também aumenta a quantidade de matéria orgânica no solo, comparada com o cultivo convencional (BAYER et al., 2001; SIX et al., 1999).

Na década de 1970 o Brasil experimentou um acelerado crescimento da área ocupada com lavouras temporárias. Nesse período essa expansão ocorreu concomitantemente ao processo denominado de Revolução Verde. Esse processo de produção agrícola era caracterizado pela agricultura mecanizada de grãos, pelo uso de insumos e pelo uso de sementes melhoradas, o que mudou radicalmente o padrão de manejo dos solos, cujo preparo era quase que exclusivamente realizado por meio do cultivo convencional. Conforme já apresentado, o mesmo consistia em realizar uma aração ou uma gradagem pesada como preparo primário, seguida de gradagens niveladoras como preparo secundário, acabando por pulverizar a camada superficial do solo para formar a cama de semeadura e controlar inicialmente as ervas daninhas. Essa pulverização superficial do solo, associada à formação de camadas compactadas chamadas “pé de arado” ou “pé de grade”, facilitava o arraste de solo, matéria orgânica e nutrientes pelas chuvas, criando sulcos de erosão, assoreando rios e açudes. Assim, o processo de degradação dos solos acabava por depauperar a sua capacidade produtiva. Em certos casos as perdas de solo alcançavam de 100 a 200 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (DERPSCH et al., 1991).

No Sul do Brasil, a constatação de que ocorria um processo erosivo de grandes proporções necessitou, nos anos de 1970 e com mais ênfase nos anos de 1980, a adoção de ações mitigadoras por parte dos produtores e de todos os setores envolvidos na agricultura, demandando o uso de novas tecnologias para amenizar o acentuado problema da degradação das terras agrícolas existentes. Surgiram em algumas Unidades da Federação programas governamentais que incentivavam, além das práticas mecânicas de terraceamento e plantio em nível, o apoio à escarificação e ao cultivo mínimo, o apoio à adoção do plantio direto na palha, correção de solos, adubação verde, recuperação e proteção de minas e nascentes, sistematização de caminhos e carregadores, elevadores de água e correção de voçorocas.

De acordo com Borges Filho (2001), isso ocorreu na Região Sul porque a pecuária extensiva, que predominou como atividade agrícola até a década de 1950, aos poucos foi cedendo lugar para a cultura do trigo e, a partir das décadas de 1960 e 1970, para a cultura da soja. Com a

expansão da cultura da soja, ocorreu um avanço em direção a áreas ocupadas por vegetação nativa e pastagens naturais. Com isso, grandes extensões de terras foram aradas, gradeadas, calcariadas, adubadas e rapidamente convertidas ao cultivo do binômio soja-trigo. A exploração dessas culturas, principalmente a da soja, passou a demandar o uso de insumos, especificamente adubos e corretivos, bem como, de máquinas e implementos agrícolas (tratores, arados e grades). Nesse sistema de produção (cultivo convencional), o uso intensivo do solo, aliado às demais características edafoclimáticas da região, provocou uma intensa degradação dos solos, expresso por um acentuado processo de erosão. Para a manutenção dos níveis de produtividade, eram necessárias reposições cada vez maiores de adubos e corretivos de modo a compensar a perda da fertilidade do solo. Como a reposição não ocorria em proporção igual às perdas, em poucos anos os rendimentos das culturas começaram a diminuir. O forte subsídio oferecido pelo governo mascarava o problema provocado pela erosão, tornando os agricultores menos sensíveis às técnicas de conservação de solo.

No entanto, com o agravamento da erosão do solo no Sul do Brasil, ao longo das décadas de 1960, 1970 e 1980, e com a preocupação dos agricultores e sociedade em geral com essa questão, começaram a ser realizadas pesquisas sobre práticas de preparo e manejo do solo (TELLES et al., 2013). Entre o final de 1960 e início da década de 1970, foram realizadas as primeiras experiências em plantio direto na palha no país (BORGES, 1993; CARDOSO, 2003; LANDERS 2007; DENARDIN et al., 2008). Frente ao aumento drástico dos danos causados pela erosão do solo, tornando evidente a necessidade de se adotar técnicas mais eficientes para o seu controle, o plantio direto na palha<sup>1</sup> ganhou espaço entre os agricultores, já na década de 1970, como uma das tecnologias capazes de minimizar os efeitos da degradação das terras agrícolas (SILVA et al., 2009). A iniciativa envolveu a pesquisa, indústrias e serviço de extensão rural no seu desenvolvimento. Isso porque o sistema surgiu como principal forma de combater a erosão avassaladora do solo provocada pela expansão da lavoura mecanizada de soja e trigo.

Nos anos 1980, ocorreram dois fenômenos em termos de sistemas de preparo de solo: uma vertente do sistema de cultivo mínimo, buscando preparo de solo de menor impacto com escarificadores, subsoladores leves e ferramentas de corte horizontal, e a outra focada no

---

<sup>1</sup> O plantio direto teve seu início no Brasil, formal e continuado, no município de Rolândia, estado do Paraná, em 1972, por iniciativa pioneira de agricultores, dentre eles Herbert Bartz.

desenvolvimento do sistema plantio direto, que, por ser muito inovador propondo nenhuma movimentação de solo no preparo, estava sendo pesquisado em múltiplos aspectos, principalmente na construção de semeadeiras e técnicas de controle de ervas daninhas (CASSOL et al., 2007).

Em meados dos anos 1990 o plantio direto atingiu o primeiro milhão de hectares no país e superou o cultivo mínimo como estratégia conservacionista, e se estima ter atingido cerca de 50% da área ocupada com lavouras temporárias do Brasil equivalente a milhões de hectares na segunda metade dos anos 2000 (LLANILLO et al., 2013). Internacionalmente, ocupava 26,5 milhões de hectares nos Estados Unidos, 25,8 na Argentina, 13,5 no Canadá, 17,0 na Austrália, 2,4 no Paraguai, 1,3 na China, 1,3 no Cazaquistão e 2,6 em outros países, alcançando 117 milhões de hectares no mundo (DERPSCHE et al., 2010). Além disso, a partir da década de 1980, com o aumento da taxa de erosão e a diminuição dos subsídios do crédito de custeio, o problema da erosão se fez mais visível entre os agricultores, tornando-os mais receptivos às técnicas de conservação de solo, contribuindo para a expansão do plantio direto na palha (ROMEIRO, 1998).

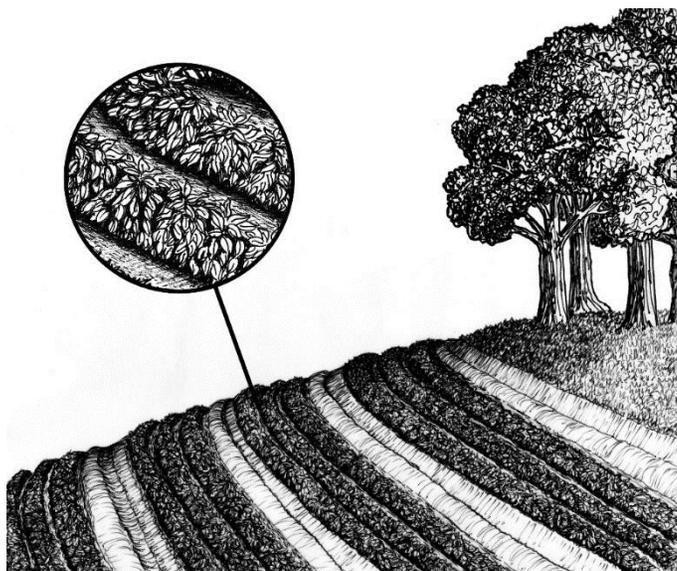
Nesse contexto, vale destacar que o plantio direto na palha é uma tecnologia que foi desenvolvida para minimizar os problemas da erosão em função do revolvimento intensivo do solo, gerado pelo uso mais acentuado da mecanização agrícola, inicialmente nas lavouras de soja e trigo, para condições climáticas tropicais e subtropicais. Em outras palavras, pode-se dizer que o desenvolvimento do plantio direto na palha no Brasil esteve focado, sobretudo, no atendimento das demandas da Região Sul, considerando tanto suas condições edafoclimáticas, quanto as atividades agropecuárias predominantes nas áreas de lavouras temporárias – principalmente do cultivo de grãos.

### **3.2 Práticas conservacionistas do solo no Brasil: plantio em nível, terraços agrícolas e rotação de culturas**

Além dos tipos de preparo do solo identificados na seção anterior, que tem diferente potenciais conservacionistas, outras práticas agrícolas podem ser utilizadas pelos agricultores visando a conservação do solo. Entre elas se destacam o plantio em nível, o uso de terraços

agrícolas e a rotação de culturas. Estes procedimentos realizados com objetivo de manter os solos produtivos ou, quando degradados, de recuperar suas condições de produtividade. Em outras palavras, são práticas que visam o controle da erosão ou a recuperação do solo por meio da melhoria das suas condições químicas, físicas e biológicas.

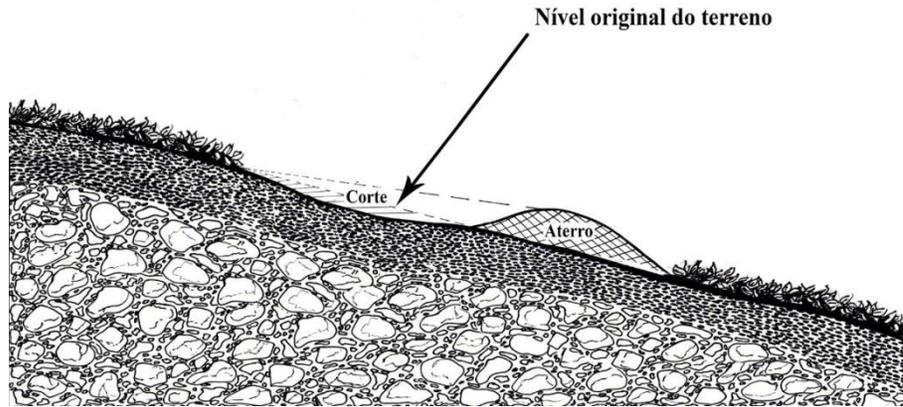
O plantio em nível é uma técnica na qual todas as operações de preparo de terreno, balizamento e plantio obedecem às curvas de nível do terreno (Figura 3.1). Tal disposição espacial previne que sejam criadas condições que favoreçam a descida da enxurrada, diminuindo a velocidade de arraste e aumentando a infiltração de água no solo.



**Figura 3.1.** Plantio em nível.

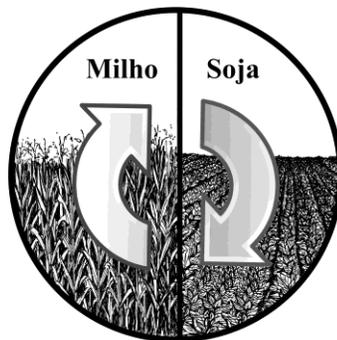
Os terraços agrícolas são constituídos por degraus transversais (terraços) construídos na direção do maior declive, seguindo as curvas de nível do terreno (Figura 3.2). Os terraços possibilitam o aproveitamento agrícola de áreas de declividade acentuada. São implantados para controlar a erosão, pela diminuição da velocidade e volume da enxurrada e, conseqüentemente, das perdas de solo. O terraço consiste em um canal (sulco ou vala) e um camalhão (monte de terra), posicionado transversalmente à direção do maior declive, e se baseia no princípio da diminuição da rampa de escoamento. Essas estruturas são barreiras ao fluxo da enxurrada que facilitam a infiltração de água no canal do terraço (terraços de absorção) ou conduzem a água para fora da lavoura (terraços de drenagem). Para que um terraço seja eficiente, é necessário um

correto dimensionamento do espaçamento entre terraços e da secção transversal.



**Figura 3.2.** Terraço agrícola.

A rotação de culturas compreende a alternância, em uma mesma área, dos cultivos de gramíneas, leguminosas e outras, podendo ter períodos intercalados de pousio. Na Figura 3.3 é apresentado um esquema de sucessão de culturas, amplamente adotado pelos agricultores. Visa evitar problemas de sanidade (presença de inóculos de doenças e pragas) pelo cultivo repetido da mesma espécie num local, bem como aproveitar melhor os recursos do solo alternando cultivos com sistemas radiculares distintos e diferentes demandas nutricionais.



**Figura 3.3.** Sucessão de culturas.

Para que o manejo do solo seja de fato sustentável, na maioria das vezes, o plantio direto na palha deve ser realizado concomitantemente com essas práticas conservacionistas

(plantio em nível, terraços agrícolas e rotação de culturas). Assim sendo, neste estudo serão apresentadas informações sobre quais dessas práticas agrícolas são utilizadas nos estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias e o percentual de estabelecimentos agropecuários que adotam tais práticas conservacionistas, por tipo de preparo do solo, com o intuito de obter um indicador de qualidade do manejo conservacionista para as Grandes Regiões do país.

### **3.3 Conceitos, material e métodos**

O fenômeno da expansão do plantio direto teve tal grandeza que, pela primeira vez na história, o Censo Agropecuário 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dedicou uma seção específica ao tipo de preparo de solo, realizando o levantamento das áreas ocupadas com plantio direto na palha nos estabelecimentos rurais. Isso possibilitou, ainda, o cruzamento dessas informações com aquelas sobre o preço das terras agrícolas no país, expresso nesse estudo, oferecendo a possibilidade de se verificar qual o impacto do plantio direto na palha, como manejo que visa a conservação do solo e que melhor representa os princípios da agricultura conservacionista, sobre o preço das terras no Brasil.

No Censo Agropecuário 2006 foi realizado o levantamento dos tipos de preparo de solo usados nos estabelecimentos agropecuários, considerando três alternativas para os produtores que realizaram o preparo do solo: cultivo convencional, cultivo mínimo e plantio direto na palha. Podia ainda ser assinalada, no caso de diferentes tipos de preparo do solo, a utilização “mista”.

As definições dos tipos de preparo do solo utilizados nos estabelecimentos agropecuários investigados no Censo Agropecuário 2006, foram:

- Cultivo convencional (aração mais gradagem) ou gradagem profunda: o solo é preparado mediante aração seguida de gradagem, de gradagem com grades aradoras ou grades pesadas.
- Cultivo mínimo: o preparo do solo se caracteriza pela menor utilização de

implementos. Basicamente, utiliza-se a grade niveladora e, eventualmente, o arado escarificador, que revolve o solo, melhorando a sua drenagem e a condição física.

– Plantio direto na palha: o plantio é feito em pequenos sulcos abertos no solo coberto de palha, sem a necessidade de aração ou gradagem da superfície do terreno, sendo mantidos os restos das culturas anteriores no solo.

As informações sobre os tipos de preparo do solo do Censo Agropecuário 2006, consideradas neste estudo, se referem apenas às áreas de lavouras temporárias, visto que são nelas que o preparo dos solos ocorre anualmente. Ou seja, são aquelas áreas onde se conclui o ciclo produtivo dentro do período de tempo de um ano e no qual, após a colheita, há a necessidade de se realizar novo plantio. A área com lavouras anuais representa quase a totalidade da área plantada com preparo de solo.

No Manual do Recenseador do Censo Agropecuário 2006, no que diz respeito à área do estabelecimento e a sua utilização, o entrevistado respondia, primeiramente, a seguinte pergunta: “*Qual era a área total e a unidade de medida de superfície do estabelecimento em 31/12/2006?*”. Além disso, foi apurada a seguinte questão: “*Qual foi o sistema de preparo do solo usado no estabelecimento em 2006?*”. Com relação à segunda questão, como já mencionado, o entrevistado poderia assinalar entre uma ou mais alternativas (cultivo convencional, cultivo mínimo e plantio direto na palha). No caso dele declarar a opção “plantio direto na palha”, era solicitado informar a área plantada com esse tipo de preparo do solo, na mesma unidade de medida de superfície que foi declarada na área total do estabelecimento. Dessa forma, a informação sobre a área utilizada com plantio direto na palha foi apurada de forma mais específica. Para apurar as áreas em cultivo convencional ou cultivo mínimo foram cruzadas as informações declaradas pelo entrevistado: a área de lavouras temporárias e o tipo de preparo do solo realizado. Quando o entrevistado declarou utilizar apenas um tipo de preparo do solo, obteve-se a área ocupada com lavouras temporárias exclusivamente para a categoria assinalada: cultivo mínimo ou cultivo convencional. Mas, quando o entrevistado declarou realizar mais de um tipo de preparo do solo não foi possível estabelecer a área ocupada em lavouras temporárias por cada um deles, assim, criou-se uma categoria denominada “mista”. Desse modo, a área ocupada com lavouras temporárias nos estabelecimentos com preparo de solo foi agrupada em

quatro categorias: com uso exclusivo do cultivo convencional, com uso exclusivo do cultivo mínimo, com uso exclusivo do plantio direto na palha e com uso misto dos diferentes tipos de preparo de solo.

O Censo Agropecuário 2006 também é a fonte das informações utilizadas nesta pesquisa sobre o preço das terras agrícolas, em lavouras temporárias, diferenciadas por tipo de preparo do solo: cultivo convencional, cultivo mínimo, plantio direto na palha e misto. No Manual do Recenseador constava a seguinte pergunta: “*Qual era o valor total das terras em 31/12/2006?*”. A partir dessa informação, foi possível tabular o preço das terras agrícolas das áreas de lavouras temporárias por hectare, para o Brasil, Grandes Regiões e para cada Unidade da Federação. Os valores referentes aos preços das terras agrícolas são de 31/12/2006.

Os dados sobre o percentual da área e o preço das terras agrícolas utilizadas com lavouras temporárias foram organizados para o Brasil como um todo, para as Grandes Regiões e para as Unidades da Federação.

Além disso, para verificar o nível de adoção de práticas de conservação do solo nos estabelecimentos agropecuários, foi determinada a frequência de plantio em nível, de terraços agrícolas e de rotação de culturas. No Censo Agropecuário 2006, tais práticas eram assim definidas:

- Plantio em nível: plantio feito obedecendo às curvas de nível do terreno, para que as próprias plantas sirvam de barreira para conter ou diminuir a velocidade das águas das chuvas, evitando-se a formação de enxurradas que provocam a erosão.
- Uso de terraços: técnica utilizada em terrenos que apresentam forte inclinação, com o intuito de proteger culturas perenes de maior valor, como pomares, vinhedos, dentre outras.
- Rotação de culturas: alternância dos cultivos de gramíneas, leguminosas e outras, podendo ter períodos intercalados de pousio.

Na análise dos dados foi realizado o cruzamento da distribuição de frequência do uso de práticas conservacionistas indicadas acima com o percentual de estabelecimentos por tipo de

preparo do solo e segundo as Grandes Regiões do Brasil. Com base nesse cruzamento foram estabelecidos oito grupos de práticas conservacionistas, indicados a seguir:

- I. Faz plantio em nível, não usa terraços e não faz rotação de culturas: faz plantio em nível apenas.
- II. Não faz plantio em nível, usa terraços agrícolas e não faz rotação de culturas: usa terraços apenas.
- III. Não faz plantio em nível, não usa terraços agrícolas e faz rotação de culturas: faz rotação de culturas apenas.
- IV. Faz plantio em nível, usa terraços agrícolas e não faz rotação de culturas: faz plantio em nível e usa terraços.
- V. Faz plantio em nível, não usa terraços agrícolas e faz rotação de culturas: faz plantio em nível e faz rotação de culturas.
- VI. Não faz plantio em nível, usa terraços agrícolas e faz rotação de culturas: usa terraços e faz rotação de culturas.
- VII. Faz plantio em nível, usa terraços agrícolas e faz rotação de culturas: usa todas as práticas conservacionistas.
- VIII. Não faz plantio em nível, não usa terraços e não faz rotação de culturas: não utiliza nenhuma prática conservacionista.

Os dados utilizados foram obtidos de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006, tendo sido analisados por meio de metodologia descritiva. Os resultados sobre o percentual da área e o preço das terras de lavouras temporárias por tipo de preparo do solo foram mapeadas com a utilização do software ArcGIS10.

### **3.4 Resultados**

Os resultados sobre o percentual de ocupação da área de lavouras temporárias e o preço das terras agrícolas segundo o tipo de preparo do solo (cultivo convencional, cultivo

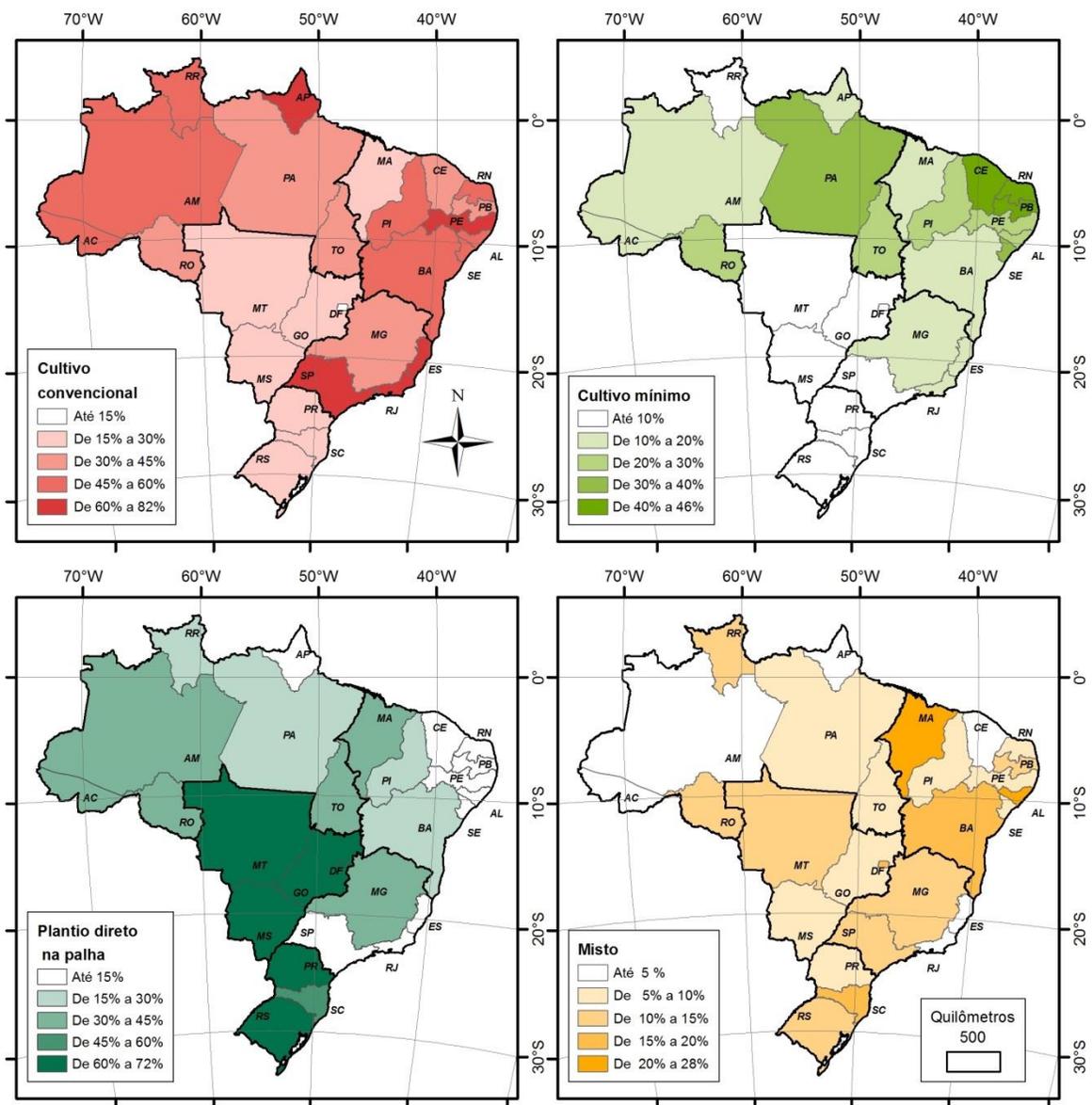
mínimo, plantio direto na palha e misto), são apresentados na Tabela 3.1 e nas Figuras 3.4 e 3.5, para o Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação.

**Tabela 3.1.** Percentual de ocupação da área de lavouras temporárias e preços das terras agrícolas segundo o tipo de preparo do solo no Brasil, nas Grandes Regiões e nas Unidades da Federação.

Brasil, GR, UF	Área de lavouras temporárias (%)				Preços das terras agrícolas (R\$ por ha)			
	CC	CM	PD	Misto	CC	CM	PD	Misto
Brasil	32,2	10,3	46,3	11,2	3.266	2.096	4.928	3.474
Região Norte	40,3	24,3	28,2	7,2	1.381	1.244	973	1.888
Rondônia	34,6	20,0	34,7	10,7	1.765	2.099	1.579	1.881
Acre	45,3	13,9	40,2	0,5	1.889	740	547	955
Amazonas	45,6	19,5	34,9	0,1	313	223	303	770
Roraima	55,0	9,2	25,7	10,1	561	493	398	428
Pará	38,9	30,7	23,8	6,6	1.486	1.265	676	2.273
Amapá	82,4	11,0	6,6	-	295	562	289	-
Tocantins	33,1	24,8	33,0	9,1	1.385	1.142	1.592	1.626
Região Nordeste	47,1	22,1	16,4	14,4	1.299	968	1.349	1.751
Maranhão	21,5	17,1	35,9	25,5	1.054	994	965	646
Piauí	51,9	22,7	15,6	9,8	394	261	586	552
Ceará	41,1	43,0	11,4	4,5	656	469	467	486
Rio Grande do Norte	49,4	44,4	0,9	5,25	737	731	830	716
Paraíba	38,6	46,8	3,1	11,6	979	835	960	1.632
Pernambuco	67,0	22,9	3,8	6,3	1.106	884	1.403	2.105
Alagoas	46,7	20,8	4,2	28,4	4.849	5.472	6.772	5.351
Sergipe	59,1	33,4	1,1	6,41	3.147	3.047	3.683	2.779
Bahia	49,8	12,0	21,2	17,06	1.522	1.091	2.067	1.995
Região Sudeste	61,0	9,2	18,4	11,41	5.894	3.528	5.746	5.320
Minas Gerais	38,3	13,7	34,9	13,10	3.648	2.389	4.088	3.642
Espírito Santo	75,9	16,5	2,9	4,72	4.659	4.232	3.971	4.316
Rio de Janeiro	79,2	15,8	2,3	2,68	3.792	3.705	3.864	3.709
São Paulo	72,5	6,3	10,2	10,97	9.055	9.068	10.399	7.936
Região Sul	18,6	6,9	65,2	9,38	4.714	3.856	7.212	5.062
Paraná	16,9	5,1	72,4	5,53	6.169	4.191	8.724	6.394
Santa Catarina	26,5	7,4	50,9	15,21	5.775	5.829	5.937	6.476
Rio Grande do Sul	18,2	8,2	62,3	11,26	3.684	3.364	6.070	4.188
Região Centro-Oeste	18,8	6,9	63,0	11,23	2.281	2.068	3.506	2.458
Mato Grosso do Sul	19,9	4,8	65,6	9,74	2.486	2.258	4.445	2.455
Mato Grosso	16,2	9,0	61,7	13,07	1.711	1.713	2.779	2.154
Goiás	23,1	4,5	63,6	8,75	2.761	2.539	4.186	3.206
Distrito Federal	10,4	6,4	67,1	16,06	5.276	6.189	4.166	4.932

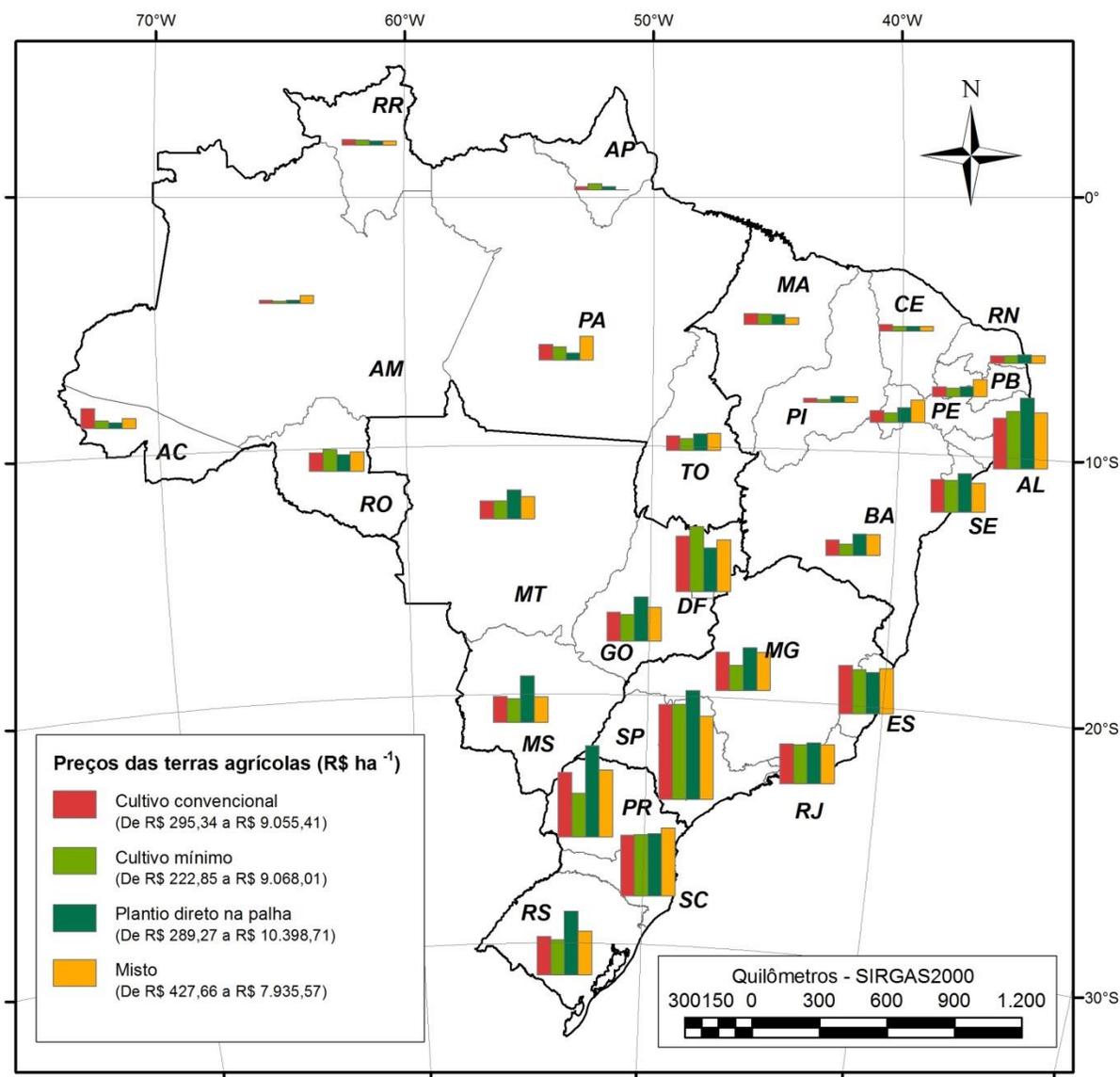
**Fonte:** elaborado com base nas tabulações especiais do Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Notas:** GR: Grandes Regiões. UF: Unidades da Federação. CC: cultivo convencional. CM: cultivo mínimo. PD: plantio direto na palha. Misto: o tipo de preparo do solo utilizado em determinada área de uso agrícola integra diferentes combinações do cultivo convencional, do cultivo mínimo e do plantio direto na palha.



**Figura 3.4.** Participação relativa dos tipos de preparo do solo (cultivo convencional, cultivo mínimo, plantio direto na palha e misto), nas áreas de lavouras temporárias, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação.

**Fonte:** elaborado a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006 do IBGE.



**Figura 3.5.** Preços das terras agrícolas por tipo de preparo do solo (cultivo convencional, cultivo mínimo, plantio direto na palha e misto), nas áreas de lavouras temporárias, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação do Brasil, em R\$ por ha<sup>-1</sup>.

**Fonte:** elaborado a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006 do IBGE.

Com base nos dados do Censo Agropecuário 2006, verifica-se que o plantio direto na palha foi o tipo predominante de preparo do solo em áreas de lavouras temporárias no Brasil, participando com 46,3% da área de lavouras temporárias total, seguido pelo cultivo convencional (32,2%), pelo misto (11,2%) e pelo cultivo mínimo (10,3%). Considerando que tanto o plantio direto na palha quanto o cultivo mínimo são modalidades conservacionistas de preparo do solo, e também que no misto há um percentual de área utilizada com esses dois tipos de preparo do solo, é possível inferir que a área utilizada com lavouras temporárias no Brasil segue majoritariamente os princípios da agricultura conservacionista. Sobretudo se destacam os altos percentuais de lavouras temporárias manejadas com o plantio direto na palha nas Regiões Sul e Centro-Oeste.

Com relação aos preços do hectare das terras agrícolas no Brasil, também conforme o Censo Agropecuário 2006, foi observado que estes foram mais elevados em áreas que utilizavam o plantio direto na palha como tipo de preparo do solo. O preço médio das terras com plantio direto na palha (R\$ 4.928 por hectare) se mostrou 43,2% superior ao preço do hectare das terras utilizadas em cultivo convencional no país (R\$ 3.441 por hectare) e 135% em comparação ao cultivo mínimo (R\$ 2.097 por hectare).

Na maioria das Unidades da Federação – 14 entre as 27 –, os preços das terras agrícolas com plantio direto na palha se mostraram mais valorizados do que os das terras com outros tipos de preparo do solo. Com exceção da Região Norte, nas demais Grandes Regiões a maioria das Unidades da Federação apresentaram maiores preços das terras agrícolas em áreas de plantio direto na palha quando comparadas às áreas que utilizam outros tipos de preparo do solo. Entretanto, a interpretação dos resultados exige certa cautela, pois essa variação pode estar relacionada a questões de localização e às diferenças entre as regiões, como, por exemplo, a pauta de produtos da atividade agrícola. Assim, para uma análise mais coerente dos resultados é necessária uma abordagem localizada ou regionalizada, e uma análise econométrica para isolar os efeitos espaciais.

De toda forma, a constatação de que os preços das terras agrícolas em áreas que utilizam técnicas conservacionistas de manejo do solo são mais caras, está em consonância com os estudos de Colacicco et al. (1989), Hertzler et al. (1985), King e Sinden (1988), Miranowski e Hammes (1984), Palmquist e Danielson (1989) e Michellon e Reydon (2003). Para esses autores, os investimentos em conservação do solo, que visam, sobretudo, reduzir os danos causados pela

erosão do solo, valorizariam o preço das terras agrícolas. Isso, contudo, no presente estudo, foi válido para o plantio direto na palha, mas não necessariamente para o cultivo mínimo. Segundo Pimentel et al. (1995) e Crosson (2007), isso ocorre porque a erosão do solo, por um lado, implica, de forma geral, em aumento dos custos de produção – por exemplo, com a aplicação de insumos agrícolas, como fertilizantes e defensivos, carregados no processo de erosão – e na perda de produtividade – associada à perda das camadas superficiais do solo, consideradas mais férteis e onde se concentram os maiores teores de matéria orgânica do solo. Além disso, os rendimentos agrícolas estão diretamente relacionados aos custos de produção, e o plantio direto na palha é um tipo de preparo do solo que reduz os custos da atividade, sobretudo com reduções no custo da mão de obra e no custo com operações agrícolas (CASSOL et al., 2007; SILVA et al., 2009), uma vez que o número de operações é reduzido em comparação ao preparo convencional.

#### *3.4.1 Região Sul*

A Região Sul, com base no Censo Agropecuário 2006, foi aquela onde o plantio direto na palha teve a maior participação relativa dentre os tipos de preparo do solo, sendo realizado em mais de 65% da área agrícola destinadas a lavouras temporárias na região. Essa maior adoção do plantio direto na palha na Região Sul, relativamente às demais regiões do país, pode estar associada ao próprio desenvolvimento desta tecnologia, que foi iniciado e aprimorado principalmente nos Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, e ao elevado percentual da área com o cultivo de grãos na área total de lavouras temporárias (que chega a 77%, somando soja, milho e trigo, os três principais grãos cultivados).

Por sua vez, a existência do cultivo convencional na área de lavouras temporárias nessa região está relacionada principalmente às culturas do feijão, fumo, cana-de-açúcar e mandioca (juntas, ocupavam 10,74% da área total com lavouras temporárias), sobretudo pelas limitações técnicas no uso de tipos de preparo do solo conservacionistas nessas lavouras e pelas condições edafoclimáticas (LLANILLO et al., 2013).

Com relação ao preço das terras agrícolas, as áreas de lavouras temporárias com plantio direto na palha foram as mais caras (R\$ 7.212 por hectare). Isso significava, em

comparação ao cultivo convencional (R\$ 4.714 por hectare), um preço 53% superior; em comparação ao cultivo mínimo (R\$ 3.856 por hectare), 87%; e, ainda, em comparação ao preparo misto (R\$ 2.097 por hectare), 42,5% maiores – lembrando que parte do misto pode ser de áreas de plantio direto na palha.

O Estado do Paraná foi a Unidade da Federação com maior percentual de área de lavouras temporárias manejadas exclusivamente com plantio direto na palha, com mais de 72% (Tabela 3.1). Com relação ao preço das terras agrícolas paranaenses, também havia substancial diferença no valor daquelas áreas preparadas com plantio direto na palha em relação aos demais tipos de preparo. As terras em áreas de plantio direto na palha (R\$ 8.724 por hectare) eram 41,42% mais caras do que aquelas em cultivo convencional (R\$ 6.169 por hectare), 108% mais caras que aquelas em cultivo mínimo (R\$ 4.191 por hectare) e 36,4% mais caras que em áreas com preparo misto (R\$ 6.394 por hectare).

Outra Unidade da Federação que se destacou no plantio direto na palha é o Rio Grande do Sul, com cerca de 62% da área de lavouras temporárias utilizando este tipo de preparo. O preço das terras agrícolas com plantio direto na palha também foi mais elevado (R\$ 6.070 por hectare) nesse estado, sendo aproximadamente 65% maior do que o preço de áreas com preparo convencional (R\$ 3.684 por hectare), 80% maior do que com cultivo mínimo (R\$ 3.364 por hectare) e 45% maior do que o preço de áreas com preparo misto do solo (R\$ 4.188 por hectare).

Mas será que o plantio direto na palha realizado na Região Sul do Brasil integra também outras práticas de conservação do solo, atendendo aos outros princípios da agricultura conservacionista? Na Tabela 3.2 é apresentado, por tipo de preparo do solo, o percentual do número de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas, no caso plantio em nível, uso de terraços agrícolas e rotação de culturas.

Os resultados apresentados na Tabela 3.2 indicam que na Região Sul a maioria dos estabelecimentos agropecuários, que utilizam o plantio direto na palha como preparo do solo em lavouras temporárias, empregava práticas conservacionistas de forma isolada, principalmente a rotação de culturas (33,4%) e o plantio em nível (29,1%), sendo que 15,9% dos estabelecimentos adotavam, concomitantemente, ambas as práticas. Por sua vez, o percentual de estabelecimentos que adotavam o plantio direto associado a todas as práticas conservacionistas (plantio em nível,

uso de terraços e rotação de culturas) foi de aproximadamente 8,5%. Os que fizeram o plantio direto na palha, mas não utilizaram nenhuma outra prática conservacionista, eram menos de 4,2% dos estabelecimentos. Tais números indicam que mesmo na Região Sul do Brasil, onde o plantio direto na palha é bastante difundido, existe a necessidade de ações por parte do Estado e da sociedade civil organizada para o avanço na adoção de práticas conservacionistas do solo pelos agricultores, para que assim as atividades agrícolas se alinhem, de fato, aos preceitos da agricultura conservacionista.

**Tabela 3.2.** Percentual do número de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas (plantio em nível, terraços e rotação de culturas) por tipo de preparo do solo, na Região Sul do Brasil.

Grupo de práticas conservacionistas		Uso segundo tipo de preparo do solo (%)			
		CC	CM	PD	Misto
I.	Faz plantio em nível	44,5	43,2	29,1	20,9
II.	Usa terraços	4,2	4,8	2,8	2,3
III.	Faz rotação de culturas	28,0	29,8	33,4	34,7
IV.	Faz plantio em nível e usa terraços	3,4	3,1	4,1	3,9
V.	Faz plantio em nível e faz rotação de culturas	8,5	7,1	15,9	22,5
VI.	Usa terraços e faz rotação de culturas	1,5	1,0	2,0	3,3
VII.	Usa todas as práticas conservacionistas	1,9	1,5	8,5	7,2
VIII.	Não utiliza nenhuma prática conservacionista	8,1	9,6	4,2	5,1
Total		100	100	100	100

**Fonte:** elaborado com base nas tabulações especiais do Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Notas:** CC: cultivo convencional. CM: cultivo mínimo. PD: plantio direto na palha. Misto: o tipo de preparo do solo utilizado em determinada área de uso agrícola integra diferentes combinações do cultivo convencional, do cultivo mínimo e do plantio direto na palha.

### 3.4.2 Região Centro-Oeste

A Região Centro-Oeste, em 2006, também se destacava no cenário nacional em relação à adoção do plantio direto na palha. O plantio direto na palha foi o tipo de preparo do solo predominante, realizado em 63% da área de lavouras temporárias da região. Uma das possíveis explicações para o alto percentual de adoção do plantio direto na palha no Centro-Oeste é que a ocupação agrícola da região do Cerrado, sobretudo a partir da década de 1980, foi pela vinda de agricultores da Região Sul do país, onde o plantio direto já havia sido iniciado, junto com a

preocupação com o controle do processo de degradação das terras agrícolas em áreas de cultivo de grãos. No início desse período histórico, o plantio direto na palha era considerado inviável economicamente para o Bioma Cerrado, a não ser em uma situação de longo prazo (CUNHA, 1997). Já na década de 1990, o plantio direto na palha apresentou uma redução nos custos de produção, sobretudo pela queda nos preços dos herbicidas e das semeadoras utilizadas no nesse tipo de preparo do solo (RODRIGUES, 2005). Assim, com a redução nos custos de produção, do controle dos impactos da erosão do solo (que também representavam custos) e pela simplificação do número de operações agrícolas e diminuição da demanda de mão-de-obra, ocorreu uma ampla adoção do plantio direto na palha nessa região.

Na Região Centro-Oeste o preparo convencional foi utilizado em aproximadamente 19% das lavouras temporárias, o cultivo mínimo em 7% e o preparo misto em 11%. Os manejos do solo em preparos convencional e mínimo na Região Centro-Oeste se relacionavam, sobretudo, ao uso de gradagem leve após a colheita de milho e ao cultivo de cana-de-açúcar (LLANILLO et al., 2013).

Com relação ao preço das terras agrícolas na Região Centro-Oeste, esses foram mais elevados em áreas com plantio direto na palha (R\$ 3.506 por hectare). O preço das terras no plantio direto na palha foi 54% maior do que o preço do hectare das terras utilizadas em preparo convencional (R\$ 2.281 por hectare), 70% maior em comparação ao preço de terras com cultivo mínimo (R\$ 2.068 por hectare), e, ainda, 43% maior em comparação ao preparo misto (R\$ 2.458 por hectare).

Mas qual o percentual do número de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias, principalmente em plantio direto na palha, que fazem uso ou não de práticas conservacionistas, como o plantio em nível, o uso de terraços e a rotação de culturas, por tipo de preparo do solo na Região Centro-Oeste do Brasil?

Com base nos resultados da Tabela 3.3 é possível verificar que predominava, nos estabelecimentos agropecuários que utilizavam o plantio direto na palha na Região Centro-Oeste, a adoção de apenas uma prática conservacionista (aproximadamente 50%), sendo o plantio em nível (cerca de 30,8%) e a rotação de culturas (22,8%) os de maior frequência como prática individual. O percentual de estabelecimentos agropecuários que realizaram conjuntamente o plantio em nível e a rotação de culturas com o plantio direto na palha ficou em torno de 11,4% do

total. A região Centro-Oeste, dentre as Grandes Regiões, foi a que apresentou a maior participação relativa de estabelecimentos que, além de utilizar o plantio direto na palha, também realizaram todas as práticas conservacionistas (14,5%). Em torno de 8,2% dos estabelecimentos agropecuários que adotavam o plantio direto na palha não realizaram nenhuma prática conservacionista.

**Tabela 3.3.** Percentual do número de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas (plantio em nível, terraços e rotação de culturas), por tipo de preparo do solo, na Região Centro-Oeste do Brasil.

Grupo de práticas conservacionistas		Uso segundo tipo de preparo do solo (%)			
		CC	CM	PD	Misto
I.	Faz plantio em nível	48,3	39,7	30,8	28,2
II.	Usa terraços	4,4	3,6	3,8	3,3
III.	Faz rotação de culturas	12,4	15,0	22,8	17,5
IV.	Faz plantio em nível e usa terraços	3,7	2,0	6,1	9,2
V.	Faz plantio em nível e faz rotação de culturas	4,7	2,4	11,4	13,2
VI.	Usa terraços e faz rotação de culturas	0,5	0,6	2,5	2,0
VII.	Usa todas as práticas conservacionistas	2,2	0,7	14,5	15,4
VIII.	Não utiliza nenhuma prática conservacionista	23,9	36,0	8,2	11,1
Total		100,0	100,0	100,0	100,0

**Fonte:** elaborado com base nas tabulações especiais do Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Notas:** CC: cultivo convencional. CM: cultivo mínimo. PD: plantio direto na palha. Misto: o tipo de preparo do solo utilizado em determinada área de uso agrícola integra diferentes combinações do cultivo convencional, do cultivo mínimo e do plantio direto na palha.

### 3.4.3 Região Sudeste

Os dados do Censo Agropecuário 2006 indicam que na Região Sudeste havia um nível relativamente baixo de adoção do plantio direto na palha, aproximadamente 18% das áreas de lavouras temporárias. Nessa região o cultivo convencional foi o tipo de preparo do solo predominante, totalizando quase 61% da área de lavouras temporárias. Com o cultivo mínimo estavam pouco mais de 13% da área de lavouras temporárias e 11% com o preparo misto.

A concentração da área de lavouras temporárias na cultura da cana-de-açúcar pode ser a principal responsável pela predominância do preparo convencional na Região Sudeste. Em

2006, a cana-de-açúcar ocupava 70,73% da área de lavouras temporárias no Estado do Rio de Janeiro, 68,63% de São Paulo, 47,47% do Espírito Santo e 11,35% em Minas Gerais (único com maior participação de grãos). A reforma do canavial ocorre, em média, a cada cinco anos. O sistema mais comum de reforma do canavial envolve operações como: retirada da cana, destruição da soqueira, calagem, preparo do solo (normalmente cultivo convencional) e novo plantio de cana. Embora o preparo do solo em áreas de cana-de-açúcar possa ser o plantio direto na palha ou o cultivo mínimo, ainda há uma predominância do preparo convencional nessa atividade, sobretudo pelo fato do sistema de colheita sem queima prévia do canavial aumentar ao longo dos cinco anos o número de operações com maquinário agrícola, gerando assim maior compactação do solo, sendo normalmente utilizadas operações de aração e gradagem para descompactar o solo. Mas há de se levar em conta que, embora no Censo Agropecuário 2006 a cana-de-açúcar seja considerada uma lavoura temporária, ela, na verdade, é uma cultura semi-perene, e o preparo do solo não ocorre anualmente.

No Sudeste, as terras agrícolas com cultivo convencional foram as mais caras (R\$ 5.894 por hectare), preço 67% mais elevado do que daquelas com cultivo mínimo, 8% maior do que daquelas com plantio direto na palha e 11% maior do que daquelas com preparo misto. Nesse contexto, pode-se considerar que o preço das terras agrícolas nessa região pode estar atrelado à atividade canavieira, fato este destacado por Sauer e Leite (2012).

Com relação à adoção de práticas conservacionistas, considerando os estabelecimentos agropecuários com plantio direto na palha, na Região Sudeste quase 47% deles utilizou apenas uma prática conservacionista, com cerca de 40,1% utilizando o plantio em nível, e 17,1% a rotação de culturas. Apenas 7,5% utilizavam o plantio direto na palha e todas as práticas conservacionistas. Em torno de 18,3% dos estabelecimentos agropecuários realizavam o plantio direto, mas não utilizavam nenhuma prática conservacionista (Tabela 3.4). É bastante preocupante a situação da Região Sudeste em termos de agricultura conservacionista, pois os dados do plantio direto na palha estariam associados às culturas de grãos, visto que as de cana-de-açúcar – atividade que se destaca na região – seriam realizadas, principalmente, em cultivo convencional. No Sudeste, certamente políticas públicas de incentivo à adoção de práticas conservacionistas devem ser implementadas. Caso contrário, a sustentabilidade da produção agrícola no Sudeste pode ser comprometida a longo prazo.

**Tabela 3.4.** Percentual do número de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas (plantio em nível, terraços e rotação de culturas), por tipo de preparo do solo, na Região Sudeste do Brasil.

Grupo de práticas conservacionistas		Uso segundo tipo de preparo do solo (%)			
		CC	CM	PD	Misto
I.	Faz plantio em nível	60,1	53,1	40,1	31,4
II.	Usa terraços	2,5	2,2	3,3	1,3
III.	Faz rotação de culturas	12,2	15,5	17,1	19,2
IV.	Faz plantio em nível e usa terraços	5,0	2,6	4,3	10,1
V.	Faz plantio em nível e faz rotação de culturas	6,1	5,1	8,6	16,4
VI.	Usa terraços e faz rotação de culturas	0,3	0,2	0,7	0,9
VII.	Usa todas as práticas conservacionistas	2,4	1,0	7,5	11,5
VIII.	Não utiliza nenhuma prática conservacionista	11,4	20,2	18,3	9,2
Total		100,0	100,0	100,0	100,0

**Fonte:** elaborado com base nas tabulações especiais do Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Notas:** CC: cultivo convencional. CM: cultivo mínimo. PD: plantio direto na palha. Misto: o tipo de preparo do solo utilizado em determinada área de uso agrícola integra diferentes combinações do cultivo convencional, do cultivo mínimo e do plantio direto na palha.

#### 3.4.4 Região Nordeste

Na Região Nordeste, segundo os dados do Censo Agropecuário 2006, observou-se o mais baixo nível de adoção do plantio direto na palha entre as cinco Grandes Regiões brasileiras, de apenas 16,4% da área dedicada ao cultivo de lavouras temporárias. O preparo convencional foi o tipo predominante de preparo do solo na região, abrangendo 47,1% do total da área de lavouras temporárias, seguido do cultivo mínimo, com 22,1% e do preparo misto, que apresentou a menor participação dentre os tipos de preparo do solo, 14,4% da área cultivada com lavouras temporárias.

O maior preço médio por hectare foi registrado para áreas com preparo misto do solo, em torno de R\$ 1.751 (Tabela 3.1), sendo 29,8% superior ao do preço da terra em que foi realizado o plantio direto na palha (R\$ 1.350 por hectare), 34,8% em relação ao que foi realizado o cultivo convencional (R\$ 1.299 por hectare) e de 80,9% em relação ao hectare com preparo misto do solo, que foi o que obteve o menor valor (R\$ 968).

Analisando as informações da Tabela 3.5, observa-se na Região Nordeste que as duas principais práticas conservacionistas utilizadas nos estabelecimentos com lavouras temporárias foram o plantio em nível e a rotação de culturas. Mas é importante destacar que, independente do tipo de preparo do solo, um grande percentual dos estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias não utiliza nenhuma prática conservacionista. Nos estabelecimentos que utilizam o plantio direto, 28,2% fazem plantio em nível e 9,7% fazem rotação de culturas, enquanto 57,2% não realizam nenhuma prática conservacionista. Observa-se, ainda, a baixa utilização de terraços agrícolas nas áreas de lavouras temporárias nordestinas.

**Tabela 3.5.** Percentual de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas por tipo de preparo do solo, na Região Nordeste do Brasil.

Grupo de práticas conservacionistas		Uso segundo tipo de preparo do solo (%)			
		CC	CM	PD	Misto
I.	Faz plantio em nível	54,0	47,3	28,2	43,1
II.	Usa terraços	1,6	2,0	1,8	1,3
III.	Faz rotação de culturas	14,6	14,6	9,7	14,3
IV.	Faz plantio em nível e usa terraços	0,5	0,6	0,7	2,3
V.	Faz plantio em nível e faz rotação de culturas	2,1	1,9	1,9	5,5
VI.	Usa terraços e faz rotação de culturas	0,1	0,1	0,1	0,4
VII.	Usa todas as práticas conservacionistas	0,1	0,1	0,4	0,9
VIII.	Não utiliza nenhuma prática conservacionista	26,9	33,3	57,2	32,3
Total		100,0	100,0	100,0	100,0

**Fonte:** elaborado com base nas tabulações especiais do Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Notas:** CC: cultivo convencional. CM: cultivo mínimo. PD: plantio direto na palha. Misto: o tipo de preparo do solo utilizado em determinada área de uso agrícola integra diferentes combinações do cultivo convencional, do cultivo mínimo e do plantio direto na palha.

### 3.4.5 Região Norte

A Região Norte, segundo os dados do Censo Agropecuário 2006, foi a terceira região do país com maior percentual de adoção do plantio direto na palha, ou seja, 28,2% da área dedicada ao cultivo de lavouras temporárias. Porém, o cultivo convencional foi o tipo de preparo do solo predominante na região, ocupando cerca de 40% da área total de lavouras temporárias,

enquanto o cultivo mínimo e o preparo misto representavam respectivamente 24,3% e 7,2% dessa área.

Um dos fatores que podem explicar a predominância do preparo convencional na região em relação aos demais é a predominância de atividades agrícolas para as quais o uso do plantio direto e do cultivo mínimo ou não se aplicam, ou ainda não possuem tecnologias consolidadas. Na Região Norte, conforme o Censo Agropecuário 2006, as culturas de mandioca e de arroz ocupam aproximadamente 50% da área de lavouras temporárias. Como já mencionado, o plantio direto e o cultivo mínimo são tecnologias estreitamente relacionados ao cultivo de grãos, que não são as culturas predominantes desta Região.

Nessa região, o maior preço médio por hectare verificado foi relativo às terras com preparo misto do solo (R\$ 1.888). Tal preço foi 36,7% superior em comparação ao preço de terras com preparo convencional (R\$ 1.381 por hectare), 51,8% acima do preço médio de terras com cultivo mínimo (R\$ 1.244 por hectare) e, ainda, 94,1% maior em comparação ao plantio direto na palha, que foi o tipo de preparo que teve apurado o menor valor médio (R\$ 972,7 por hectare).

A Tabela 3.6 mostra que na Região Norte a principal prática conservacionista utilizada nos estabelecimentos com lavouras temporárias foi o plantio em nível, em todos os tipos de preparo do solo. Menos importante, mas com uma frequência ainda destacada, apareceu a rotação de culturas. Nos estabelecimentos que utilizam do plantio direto, 26,1% fazia plantio em nível e 9,9% utilizava a rotação de culturas individualmente. Apenas 0,3% dos estabelecimentos que realizam o plantio direto fizeram uso de todas as práticas conservacionistas. Os terraços agrícolas foram práticas de baixa utilização nas áreas de lavouras temporárias da região, provavelmente devido às declividades mais suaves de relevo que predominam nela.

**Tabela 3.6.** Percentual de estabelecimentos agropecuários com lavouras temporárias que fazem uso ou não de práticas conservacionistas por tipo de preparo do solo, na Região Norte do Brasil.

Grupo de práticas conservacionistas		Uso segundo tipo de preparo do solo (%)			
		CC	CM	PD	Misto
I.	Faz plantio em nível	41,4	36,1	26,1	29,3
II.	Usa terraços	1,3	1,7	0,9	1,6
III.	Faz rotação de culturas	10,1	14,6	9,9	20,6
IV.	Faz plantio em nível e usa terraços	0,6	0,5	0,8	2,5
V.	Faz plantio em nível e faz rotação de culturas	1,7	2,0	0,7	6,2
VI.	Usa terraços e faz rotação de culturas	0,1	0,1	0,0	0,7
VII.	Usa todas as práticas conservacionistas	0,2	0,1	0,3	6,2
VIII.	Não utiliza nenhuma prática conservacionista	44,6	44,9	61,3	33,0
Total		100,0	100,0	100,0	100,0

**Fonte:** elaborado com base nas tabulações especiais do Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Notas:** CC: cultivo convencional. CM: cultivo mínimo. PD: plantio direto na palha. Misto: o tipo de preparo do solo utilizado em determinada área de uso agrícola integra diferentes combinações do cultivo convencional, do cultivo mínimo e do plantio direto na palha.

### 3.5 Considerações finais

Em síntese, os resultados desse capítulo indicam que há uma relação entre o plantio direto na palha e maiores preços das terras agrícolas, havendo, contudo, nuances regionais – ainda não completamente identificadas – que fizeram isso se alterar, tal como nas regiões Norte e o Nordeste.

Nas regiões Sul e Centro-Oeste o plantio direto na palha está relacionado à predominância de grãos cultivados nas áreas de lavouras temporárias. Por outro lado, não são disponíveis métodos alternativos ao preparo convencional do solo em culturas temporárias que têm grande participação na área agrícola, como a cana-de-açúcar e a mandioca, dificultando a expansão do PDP (e SPD, conseqüentemente).

Mesmo com o predomínio do plantio direto na palha em termos de lavouras temporárias no Brasil, a agricultura conservacionista, que precisa aliar o tipo de preparo do solo a outras práticas de conservação, como o plantio em nível, o uso de terraços agrícolas e a rotação de culturas, ainda é incipiente.

Vale destacar que a possível busca por lucros imediatos associada a dificuldade do produtor em reconhecer as práticas conservacionistas de uso e manejo do solo como essenciais às suas atividades e as limitações na governança do solo – sobretudo na implantação de políticas públicas de incentivo à conservação deste recurso natural – são, em parte, responsáveis pela continuidade, em muitas regiões do país, de um ciclo de perpetuidade do processo de erosão e consequente degradação dos solos.



## **CAPÍTULO 4. O plantio direto e o preço das terras agrícolas no Estado do Paraná**

Como descrito no capítulo anterior, o Estado do Paraná se destaca dentre as Unidades da Federação tanto em relação ao percentual de áreas de lavouras temporárias sob plantio direto na palha, quanto pelo fato dessas terras, quando comparadas àquelas utilizadas com outros tipos de preparo do solo, apresentarem preços mais elevados. Além disso, o Paraná foi um dos Estados precursores na adoção do plantio direto na palha no Brasil. Um grande número de ações públicas, com destaque para programas governamentais, foram realizadas no território paranaense para incentivar os produtores rurais a adotarem tecnologias com vistas à conservação do solo e da água, práticas de conservação do solo e ao próprio plantio direto na palha. Desse modo, pretende-se neste capítulo mostrar o impacto do manejo conservacionista do solo no preço das terras agrícolas do Estado do Paraná. Para tanto, será apresentado um breve resgate histórico do uso e da conservação do solo até a década de 1970. Serão também destacadas as principais ações públicas (programas e políticas públicas) que viabilizaram, e de certo modo incentivaram, a adoção, por parte dos produtores rurais paranaenses, de práticas conservacionistas de manejo do solo e da água. Para verificar se o plantio direto na palha, em comparação aos demais tipos de preparo do solo (cultivo convencional, cultivo mínimo e misto), valoriza as terras agrícolas, será realizada uma análise econométrica. Para análise será considerada como variável dependente o preço das terras e como variáveis explicativas o tipo de preparo do solo, o percentual da área utilizada para agricultura por tipo de preparo do solo, o valor bruto da produção agrícola por município, a qualidade do solo por município e as microrregiões do Estado do Paraná. Será realizada uma discussão com base nos resultados do modelo econométrico afim de se evidenciar se a adoção do plantio direto na palha de fato valoriza as terras agrícolas paranaenses e as heterogeneidades regionais que afetam de forma diferenciada os preços das terras.

### **4.1 O uso agrícola das terras no Paraná até 1970**

O Estado do Paraná, ao longo de sua história, foi marcado por diferentes ciclos

econômicos, responsáveis pela ocupação de suas diferentes regiões fisiográficas. A sua formação sempre teve forte relação com o setor agropecuário.

O uso das terras agrícolas no Estado passou por fases bastante distintas. Durante os primeiros três séculos da sua fundação, a ocupação do território paranaense se efetivou do litoral ao Segundo Planalto (Campos Gerais), sem alteração significativa da paisagem, com predomínio de atividades de pastoreio extensivo e agricultura de subsistência (BARTHELLMESS, 1962). No século XX, destacaram-se a extração de madeira e erva-mate, as plantações de café e o advento das culturas anuais de soja, milho e trigo.

Desde o início da colonização agrária do Estado do Paraná, por volta de 1820, a mata nativa que originalmente cobria o território paranaense foi sendo progressivamente destruída. De acordo com Maack (1953), antes da década de 1920 o uso da terra se resumia a produção de erva-mate e a exploração das madeiras de lei. Porém, a partir da década de 1920, a plantação de café se expandiu vigorosamente, atingindo o seu auge nos anos 1960 (CARVALHO, 1999). Para Maack (1969), a expansão da cultura cafeeira no norte e oeste do Paraná foi o principal fator do rápido desaparecimento das matas tropical e subtropical do Estado, entre as décadas de 1930 e 1960. Kronen (1990) destaca que foi com a cafeicultura, embora sendo uma forma de uso permanente do solo, que começaram a surgir os primeiros problemas de erosão e degradação dos solos agrícolas do Paraná.

A vegetação nativa do Paraná, que era constituída por diversos tipos de florestas, logo no início do século XX começou a ser reduzida em função da extração de madeiras e expansão das lavouras cafeeiras. Na década de 1920 a vegetação nativa cobria 85% da área do Estado (MAACK, 2012). Em menos de meio século, essa vegetação quase que desapareceu, sendo que em 1980 restavam apenas 5% de cobertura nativa. Em 1990, devido ao contínuo processo de expansão da ocupação territorial, esse montante foi reduzido ainda mais, restando apenas 2,6%, concentrado em parques e áreas de proteção e conservação (CIGOLINI et al., 1998).

A erva-mate, que figurou como um dos principais produtos paranaense até a primeira década do século XX, com a queda das exportações a partir de então cede lugar à expansão da extração madeireira e ao cultivo do café, que se encontrava em plena ascensão na região norte do Estado (MAGALHÃES FILHO, 1972). Todavia, a Crise de 1929 e a conseqüente redução dos preços do produto no mercado externo contribuíram para a redução da expansão do café.

Condição semelhante foi verificada com a madeira, que chegou, entre 1916 e 1925, a ser o segundo principal produto da economia paranaense. O café ocupou posição de destaque no Paraná no período de 1940 a 1960, sobretudo pela expansão das áreas agrícolas do norte e oeste do Estado (NICHOLLS, 1970).

O vigoroso crescimento econômico e populacional do Paraná se sustentou num processo de ampla degradação ambiental, com a acelerada e contínua mudança de uso das terras ocupadas por florestas para áreas com cultivos agrícolas. Já nas primeiras décadas do século XX o processo de erosão se fez presente na agricultura paranaense, mas o passivo ambiental da intensa ocupação e desmatamento do território paranaense ficou mais evidente a partir da década de 1970, sobretudo pela perda da cobertura florestal, da redução drástica de populações naturais da fauna e da flora, impactando irreversivelmente na biodiversidade, na qualidade de solos, gerando alterações climáticas localizadas, e contaminando recursos hídricos com os agrotóxicos introduzidos pela modernização da agricultura (HAUER, 2010).

Assim, o cultivo do café – normalmente cultivado respeitando as práticas conservacionistas no que tange o uso de terraços, mas que em terras facilmente erodíveis, como as do Arenito Caiuá, apresentavam erosão severa – e o cultivo da sucessão soja-trigo mediante mecanização intensiva e inadequada, constituíram-se nos principais fatores para o agravamento da erosão no Paraná. Esses problemas já eram alvo de preocupação dos governos federal e estadual, e de algumas entidades de classe e produtores rurais desde o final da década de 1960 (CHAGAS; ICHIKAWA, 2009).

Tendo em vista as perdas de solo geradas pelo processo erosivo causado pelo manejo inadequado dos solos paranaenses, houve uma forte demanda de tecnologias para o seu controle a partir da década de 1970. A união de esforços de várias esferas da sociedade determinou que o governo realizasse inúmeras ações, como programas e políticas públicas focados na conservação do solo e da água, a fim de controlar a degradação das terras agrícolas.

## **4.2 Uso agrícola das terras, degradação e conservação dos solos no Paraná**

Como já destacado, o Estado do Paraná passou por diferentes ciclos econômicos

desde o século XIX, como o da mineração de ouro, do tropeirismo, da erva-mate, da madeira e do café. Entre as décadas de 1920 e 1950 sobressaíram como atividades econômicas as exportações de madeira e erva mate, bem como a pecuária extensiva sobre pastagens naturais. A época do café se deu entre as décadas de 1930 e 1970, tendo seu período áureo na década de 1960, quando o Estado foi o maior produtor desta *commodity* no país (NICHOLLS, 1970; KATZMAN, 1978).

Com o uso permanente da terra pela cafeicultura, os processos de degradação e erosão do solo ocorreram de maneira gradativa. Mas a ocorrência dos episódios de geadas nos anos de 1969, 1972 e, principalmente, 1975, fez com que os cafezais fossem quase que totalmente dizimados, levando a produção, nessas safras, a ser próxima de zero (SERRA, 2010). Essa situação colaborou para a substituição, que já vinha ocorrendo desde 1968, da monocultura do café, em moldes tradicionais, pelos cultivos anuais – principalmente a sucessão soja-trigo - utilizando o pacote tecnológico da Revolução Verde (RV)<sup>2</sup>.

A partir da década de 1970, o manejo do solo e da água na agricultura inerente ao binômio soja-trigo se revelou nefasto. Nesta sucessão, os produtores rurais utilizavam tecnologias desenvolvidas para o clima temperado, que foram incorporadas à agricultura dos trópicos, realizando, segundo Brum (1988), um preparo intensivo do solo. De acordo com Derpsch et al. (1991), a preparação, com a consequente exposição do solo, era realizada duas vezes ao ano. Após as operações mecânicas, o solo ficava descoberto às chuvas e, em virtude da intensidade desses preparos (gradagens de discos pesada, várias gradagens com grade de discos leve e arações), este sistema gerou um acelerado processo de degradação dos solos paranaenses, em virtude do acentuado processo de erosão. Além disso, devido ao aparecimento de problemas fitopatológicos, especialmente no trigo, foi adotada como medida fitossanitária a queima dos resíduos culturais do trigo após a colheita, o que consequentemente diminuiu o aporte de biomassa ao solo e reduziu a proteção do mesmo contra as chuvas. As práticas agrícolas inadequadas (queima dos resíduos de trigo, ausência da rotação de culturas e o preparo intensivo do solo) colaboraram com a aceleração e o aumento dos processos erosivos, tendo como consequência a perda do potencial produtivo dos solos, principalmente pela perda de nutrientes,

---

<sup>2</sup> A RV é caracterizada pela incorporação de um conjunto de tecnologias à agricultura, produtos e processos, compreendendo o uso intensivo de agroquímicos (agrotóxicos e fertilizantes), a mecanização das operações agrícolas e a utilização de variedades melhoradas.

diminuição da matéria orgânica e aumento da acidez do solo. Estima-se que durante esse período, no Estado do Paraná, as perdas anuais média de solo devido à erosão hídrica eram de aproximadamente 60 t ha<sup>-1</sup> (TELLES et al., 2011). Essas perdas geravam impactos negativos não apenas pela perda da capacidade produtiva dos solos nas lavouras, mas também por suas negativas implicações ambientais, econômicas e sociais (SORRENSON; MONTOYA, 1989).

Em função do cenário de degradação das terras agrícolas que se estabeleceu no Estado do Paraná, um conjunto de ações governamentais com vistas a reverter essa situação foram adotadas. Inicialmente, foi dado enfoque às práticas conservacionistas para controle do escoamento superficial, por meio do uso dos terraços agrícolas. Mais tarde, quando os processos erosivos foram melhor compreendidos, as estratégias de controle de erosão evoluíram para utilização não apenas de práticas mecânicas (como o terraceamento), mas principalmente de práticas culturais, como a rotação de culturas, o uso de adubos verdes e o cultivo mínimo, as quais eram capazes de aumentar a infiltração da água no solo, reduzindo o volume escoado superficialmente. Como próximo passo do aprimoramento das práticas culturais de controle da erosão surgiu o plantio direto na palha, que foi, em um primeiro momento, amplamente difundido entre os agricultores devido a sua grande eficácia em reduzir a erosão hídrica. Num segundo momento, sua popularização se dá pela simplificação ou redução das operações agrícolas, diminuição da penosidade do trabalho e, ainda redução dos custos de produção.

Diante das vantagens do plantio direto na palha e dos problemas que o cultivo convencional – tais como a compactação dos solos associados à insuficiente produção de resíduos culturais e a formação do escoamento superficial causando erosão hídrica (erosão em sulcos) pelo cultivo no sentido do declive – geraram no Estado do Paraná, a questão que se coloca é: será que o plantio direto na palha tem alguma influência sobre o preço das terras agrícolas paranaenses?

De acordo com Michellon e Reydon (2003), as terras agrícolas paranaenses se valorizaram após a realização de ações públicas focadas no manejo conservacionista. O Estado do Paraná foi palco privilegiado de iniciativas públicas, com a realização de diversos e continuados programas governamentais e políticas direcionadas à conservação do solo e da água, focando no desenvolvimento de práticas conservacionistas, dentre as quais o incentivo à adoção do plantio direto na palha. O plantio direto na palha, ao preservar o solo contra as intempéries e processos erosivos, garante a manutenção da sua fertilidade e das suas características biológicas,

físicas e químicas, possibilitando, em médio e longo prazo, ganhos de produtividade e redução de custos.

### **4.3 Programas e políticas públicas em manejo e conservação do solo no Paraná<sup>3</sup>**

Entre 1971 e 1977 foi desenvolvido o Projeto Noroeste do Paraná, que foi um dos primeiros a ter como caráter prioritário o controle da erosão do solo – notadamente no meio urbano e periurbano. Este projeto visava o desenvolvimento regional, visto que o uso inadequado do solo na região com predomínio da formação Arenito Caiuá, muito suscetível à erosão gerava inúmeros danos ambientais, principalmente, devido ao processo erosivo em pastagens, cafeeiros e lavouras anuais que, via de regra, não apresentavam terraços agrícolas (FIDALSKI, 1997). A sua área de abrangência foi de 50.000 km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 25% do território estadual. Medições efetuadas pela equipe do projeto, para diferentes tipos de solo e declividades, mostraram níveis de perdas de solo entre 22 e 187 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (ROMEIRO, 1998). A estratégia técnica do Projeto Noroeste teve como foco principal a construção de terraços para controlar o escoamento superficial e a utilização dos solos conforme sua capacidade de uso.

Em 1975 foi criado, pelo Decreto nº 76.470 de 16 de outubro de 1975, o Programa Nacional de Conservação dos Solos (PNCS). Com vigência até 1987, o PNCS teve como objetivo promover o combate à erosão hídrica e garantir o desenvolvimento e adoção de práticas conservacionistas em todo o território nacional. A seleção de áreas prioritárias para a implantação do PNCS foi baseada no 1º Art. da Lei nº 6.225, de 14 de julho de 1975, e na Portaria nº 670 do Ministério da Agricultura, de 9 de setembro de 1976, que priorizava as áreas com maior ocorrência de processos erosivos. No Paraná foram incluídas, em obrigatoriedade à referida legislação, 208.031 hectares, sendo 34.186 hectares na região de Paranaíba, 26.970 hectares na região de Toledo, 61.045 hectares na região de Campo Mourão, 51.070 hectares na região de Ponta Grossa e 34.760 hectares na região de Rolândia.

---

<sup>3</sup> Esse estudo apoia-se em pesquisa documental, para isso, houve o emprego do método historiográfico, para revisão bibliográfica sobre os programas e políticas públicas realizados no estado do Paraná. A maior parte das informações sobre cada um dos programas citados consta de relatórios internos do IAPAR e da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB).

Entre 1976 e 1980, foi implantado no Paraná o Programa Integrado de Conservação dos Solos (PROICS), através da parceria do Governo Federal, Governo do Estado e uma série de outras entidades, como o Instituto Brasileiro do Café (IBC), sindicatos rurais, bancos e empresas privadas, operando por meio de quatro fatores basilares: crédito, pesquisa, assistência técnica e adequação à mecanização. Foi a partir do PROICS que se consolidou a política conservacionista no Estado, o qual tinha dois objetivos principais: controlar a erosão hídrica, por meio práticas conservacionistas; e concentrar ações em explorações econômicas viáveis, sobretudo através da implantação de terraços, utilizando as bacias hidrográficas como unidades espaciais de planejamento conservacionista. Essas ações resultaram no aumento de 8,7% ao ano na produção agrícola do Paraná – superior à taxa nacional de 7% ao ano. Além disso, o programa atingiu, com as práticas de terraceamento e plantio em nível, cerca de 2,3 milhões de hectares, atendendo, aproximadamente, 72 mil propriedades rurais, em 130 municípios.

Entre 1975 e 1984, foi desenvolvido também o Programa Especial de Controle da Erosão do Solo no Noroeste do Paraná (PRO-Noroeste), em uma área de 67.455 km<sup>2</sup> abrangendo 161 municípios, com objetivo de controlar e prevenir a erosão na região Noroeste do Estado do Paraná (Arenito Caiuá). Através de campanhas, difundiram-se medidas técnicas de controle da erosão hídrica por meio de trabalhos-pilotos, em microbacias hidrográficas, nos municípios paranaenses de Campo Mourão, em 1980, e em Nova Santa Rosa, entre 1981 e 1982. Este programa foi dividido em três subprogramas: administração e acompanhamento, relacionado às atividades de coordenação, fiscalização e supervisão do projeto; controle da erosão urbana, para gerir e prevenir a erosão hídrica em ambiente urbano; e controle da erosão hídrica no meio rural, para reduzir e prevenir a erosão no meio rural. Sua importância se deu pela grande abrangência de municípios, bem como do potencial agrícola da região, que gerava cerca da metade da produção primária do Estado.

Até meados da década de 1980, o entendimento generalizado era que conservar solo significava, simplesmente, fazer terraceamento. A partir dos estudos realizados por grupos de ciência do solo na década de 1980 foi verificado que o terraceamento controlava apenas o escoamento superficial. Era necessário então utilizar outras práticas conservacionistas complementares. Uma maneira de evitar a formação do escoamento superficial era aumentar a capacidade de infiltração de água no solo, utilizando-se práticas mecânicas como a escarificação

(por exemplo), combinadas com práticas culturais como uso de coberturas vegetais e rotação de culturas, e pela adoção de preparo de solo com cultivo mínimo e plantio direto na palha.

Entre os anos de 1983 e 1986, foi desenvolvido o Programa de Manejo Integrado de Solos (PMIS), que buscava a superação de problemas técnicos remanescentes do PROICS e o manejo adequado do solo com vistas a sua conservação. O programa teve como estratégia de trabalho a conservação do solo baseada no seu uso conforme a aptidão agrícola e no manejo conservacionista, onde eram consideradas práticas estruturais – como terraceamento e retificação de estradas – e não estruturais - como uso do cultivo mínimo, culturas de cobertura e rotação de culturas. Tais ações tinham como finalidade a otimização da renda do produtor rural e a preservação dos recursos naturais.

Entre 1987 e 1990 foi instituído o Programa de Manejo Integrado dos Solos e Água (PMISA) junto à Secretaria da Agricultura do Paraná. O programa teve como objetivo estimular a adoção do manejo conservacionista do solo e da água, sobretudo pela implantação de terraços agrícolas e pelo uso do plantio direto na palha, nas escalas de propriedade rural e de microbacias hidrográficas, visando aperfeiçoar o uso dos fatores de produção, aliado à recuperação e preservação permanente dos recursos naturais. O programa contou com a participação comunitária e institucional, sendo sua contribuição decisiva para estabelecer as bases para os programas posteriores de manejo e conservação do solo e da água. O mesmo buscou adequar o uso do solo à sua potencialidade através de incentivos à capacitação agrícola dos produtores rurais, além de enfatizar a necessidade de ligação de terraços entre propriedades, readequação de estradas e controle de processos erosivos por meio de medidas conservacionistas. Os municípios de Toledo (região Oeste) e Maringá (região Noroeste) foram pioneiros nessas ações (CASÃO JUNIOR et al., 2012). Embora prevendo a integração de um conjunto de práticas para a preservação dos recursos naturais, a continuidade da erosão hídrica e a premência de seu controle, especialmente, nas regiões Oeste, Norte e Noroeste do Paraná, fez com que o programa mantivesse a prioridade na utilização de práticas mecânicas, complementadas com ações de uso de plantas de cobertura e adubação verde, correção do solo e reflorestamento. O PMISA atendeu cerca de 1000 microbacias e abrangeu aproximadamente 2,5 milhões de hectares do Estado.

Durante o período de 1989 e 1997 desenvolveu-se, com grande abrangência no Estado, o Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná (Paraná Rural). Dentro do Programa

Paraná Rural, foi executado o Subprograma de Manejo e Conservação do Solo, com o objetivo de controlar a erosão hídrica e reverter o acentuado processo de degradação dos recursos naturais à época, utilizando, para tanto, tecnologias conservacionistas de caráter vegetativo, edáfico e mecânico, que aumentassem a produção vegetal, a produtividade agrícola e a renda dos agricultores paranaense. O programa foi viabilizado por meio de um contrato firmado entre o Banco Mundial e o Governo do Estado do Paraná.

Com a execução do Subprograma Manejo e Conservação do Solo, foram implantadas ações conservacionistas em 2.433 microbacias hidrográficas, cobrindo uma área de 7,1 milhões de hectares, favorecendo diretamente 210.000 produtores rurais (BRAGAGNOLO et al., 1997). Segundo Roloff (1996), com o Paraná Rural, houve uma redução média de 50% nos índices de turbidez da água utilizada para o abastecimento urbano; tais reduções chegaram a atingir, em algumas áreas, a ordem de 80%. Fleischfresser (1999) destaca como principais resultados do Programa Paraná Rural, a redução significativa no índice médio de turbidez das águas, o aumento da produtividade das culturas devido ao aumento nos níveis de potássio, carbono e fósforo nos solos das microbacias hidrográficas trabalhadas, os altos índices de adoção das práticas conservacionistas recomendadas, principalmente entre produtores de pequenas (até 50 ha) e médias (51 a 100 ha) propriedades, que eram o público alvo. Além disso, a autora destaca que o sucesso do Paraná Rural se deve ao fato de que, durante sua implementação, o programa procurou levar em conta a dinâmica organizacional dos sistemas de produção e os fatores agroecológicos e socioeconômicos que influenciavam a lógica dos produtores de cada região, sobretudo em aceitar ou rejeitar as inovações técnicas. Isso, aliado à ação direta das organizações de extensão e pesquisa de cada local, permitiu encontrar soluções estratégicas e tecnológicas de minimização dos impactos existentes naquela determinada região trazendo melhorias econômicas, sociais e ambientais, preservando as particularidades locais, favorecendo mudanças no comportamento e na forma de pensar dos agentes envolvidos.

O programa foi reconhecido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) como um dos mais eficazes esforços direcionados a sustentabilidade e à competitividade da agricultura em zonas tropicais e subtropicais e, no ano de 1999, durante a X Conferência da Organização Internacional de Conservação do Solo, realizada na Universidade de Purdue, em Indiana, nos Estados Unidos, foi destacado como modelo de estratégia para a

conservação e preservação dos recursos naturais.

De acordo Tavares Filho e Rinschede (2009), essa experiência mostrou a necessidade de integração entre agricultores, entidades de extensão e de pesquisa, universidades e governo na criação de políticas públicas que darão resultados concretos e reais, buscando equilíbrio entre os fatores econômicos, sociais e ambientais, uma vez que estas entidades observam os problemas no campo e pesquisam soluções práticas para os mesmos, influenciando assim nas políticas de governo que poderão ser implantadas para benefício comum. Entretanto, segundo os autores, para que o conhecimento chegue ao produtor rural, é fundamental conhecer qual o grau de abrangência do assunto em pauta e qual o melhor meio de comunicação para atingir e despertar o interesse do mesmo.

O Projeto Paraná 12 Meses foi concebido em sequência ao Programa Paraná Rural, tendo sido executado entre 1998 e 2006, com o objetivo principal de proporcionar à agricultura familiar conhecimento eficiente e competente para a utilização dos seus recursos, amenizando a pobreza rural através da geração de postos de trabalho, do aumento da renda das famílias rurais, recuperação dos solos e dos demais recursos naturais e modernização da agricultura familiar. Deu-se novamente por meio de convênio entre o Governo do Estado e o Banco Mundial. Neste programa a conservação dos solos perdeu ênfase e foi circunscrita às regiões menos atendidas pelo Paraná Rural. As estratégias técnicas focaram mais, por um lado, no combate à pobreza rural (melhoria da moradia e das condições de vida) e por outro, no manejo de solo, buscando o aumento da eficiência técnico-econômica e da capacidade de competição das unidades produtivas familiares por meio da intensificação dos sistemas de produção e da sua diversificação e verticalização. Por meio do Paraná 12 meses foram implantadas ações para o aumento da cobertura vegetal e da infiltração de água no perfil do solo e de controle do escoamento superficial e da poluição.

Tais iniciativas demonstram o importante papel que as instituições públicas paranaenses e federais exerceram no controle da erosão e no estabelecimento de políticas para redução da degradação das terras agrícolas no Estado. De acordo com Michellon e Reydon (2003), os esforços desses programas e políticas públicas atingiram não só as expectativas produtivas dos agentes mas, também, as especulativas, pois foi percebido que, com a adoção de práticas conservacionistas, a reprodução do ganho seria duplamente ampliada, tanto em termos

produtivos quanto no incremento do preço das terras agrícolas.

É a partir desse contexto, que se formulou a hipótese de que o plantio direto na palha, cuja adoção pelos agricultores paranaenses foi fortemente incentivada por ações públicas, pode ser considerado um determinante dos preços das terras agrícolas nessa unidade da federação. Nesse sentido, como os fatos não falam por si, o modelo econométrico pode ajudar a esclarecer se de fato há relações entre o preço das terras agrícolas e o plantio direto na palha, ou seja, será possível testar se existe de facto evidência empírica para afirmar a hipótese aqui proposta.

## **4.4 Material e métodos**

### *4.4.1 Dados*

As variáveis utilizadas neste estudo foram: preços do hectare das terras agrícolas dos municípios do Estado do Paraná, por tipo de preparo do solo<sup>4</sup>; percentual da área utilizada para agricultura por tipo de preparo do solo; valor bruto da produção agrícola por município do Estado do Paraná; qualidade do solo por município do Estado do Paraná; práticas de conservação do solo; e as microrregiões do Estado do Paraná.

Quanto à estrutura dos dados, eles são classificados como corte transversal (*cross-section*), ou seja, são aqueles que se obtêm a partir de uma ou mais variáveis coletadas em único período do tempo.

Os preços das terras agrícolas e o percentual da área utilizada para agricultura por tipo de preparo do solo, para os 399 municípios do Estado do Paraná, foram obtidos por meio de tabulações especiais do Censo Agropecuário de 2006, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)<sup>5</sup>. Vale ressaltar que o Estado do Paraná disponibiliza, por meio do Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretária de Agricultura e Abastecimento (SEAB), um banco de dados com informações detalhadas sobre os preços das terras agrícolas.

---

<sup>4</sup> Os tipos de preparo do solo considerados neste estudo foram cultivo convencional, cultivo mínimo, plantio direto na palha e misto, conforme conceituado no capítulo anterior.

<sup>5</sup> Todos os dados obtidos do Censo Agropecuário 2006 são referentes a 31/12/2006.

Mas, para manter uma melhor padronização e comparabilidade das variáveis optou pela base do IBGE – visto que a maioria das variáveis utilizadas nesse estudo são do Censo Agropecuário 2006. Além disso, verificamos, aplicando teste de Pearson, uma correlação positiva entre o conjunto de dados de preços de terras das duas bases, 0,544 ( $p \leq 0,01$ ). Assim, há de se considerar que as bases de dados possuem metodologias distintas, mas que as informações são significativamente correlacionadas.

Os dados sobre o Valor Bruto da Produção (VBP) agrícola, para os 399 municípios do Estado do Paraná, foram obtidos do Censo Agropecuário de 2006, sendo utilizados em sua forma logarítmica ( $\ln$ ).

Com relação à “qualidade dos solos” dos 399 municípios – incluída na estimação como variável de controle (*dummy*) –, utilizou-se a classificação estabelecida no Zoneamento Econômico Ecológico (ZEE) do Estado do Paraná<sup>6</sup>. Nesta classificação foram levados em conta a aptidão agrícola e a capacidade de uso das terras. O agrupamento baseado nessa classificação considerou quatro categorias: boa, regular, restrita e inapta (Figura 4.1). Os grupos foram conceituados da seguinte forma:

I. Grupos de solos de boa aptidão agrícola e alto potencial agropecuário. Refere-se a terras com solos cujos fatores limitantes são possíveis de serem superados com práticas simples e predominantemente de baixa necessidade de inversão de capital. Grupo formado pelos Latossolos de textura média; demais Latossolos de textura argilosa e muito argilosa; por todos os Nitossolos; e pelos Argissolos com ausência de caráter abrupático e Luvisolos.

II. Grupos de solos de regular aptidão agrícola e moderado potencial agropecuário. Refere-se a terras com solos que apresentam limitações que requerem intensivas práticas e maiores investimentos de recursos para superá-las, visando uma produção sustentável, assim representando moderado potencial agropecuário. Grupo formado

---

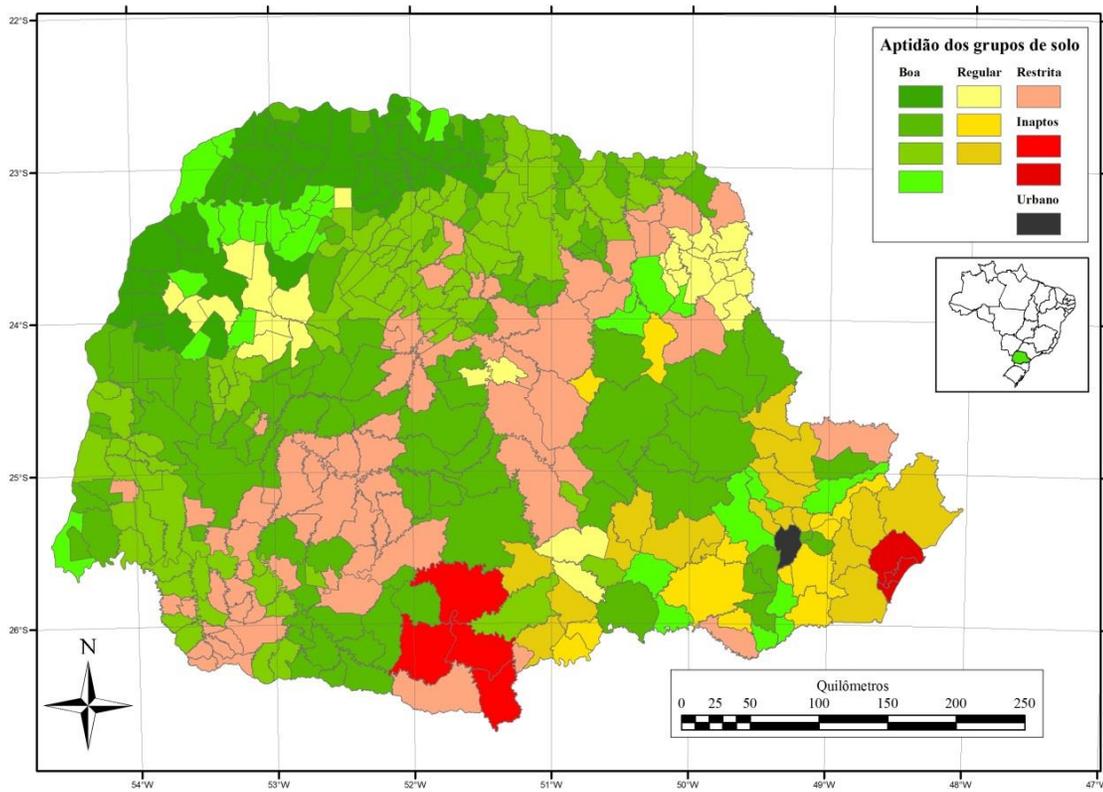
<sup>6</sup> O ZEE é um programa do Estado do Paraná, coordenado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, sobre a responsabilidade do Instituto de Terras, Cartografias e Geociências – ITCG. Esta sendo finalizada a editoração gráfica do relatório técnico-científico, o qual será publicado em versão impressa, em DVD e também estará disponível para *download* no site do ITCG, *link* ZEE.

pelos Argissolos com caráter abruptico; pelos Cambissolos com ausência de caráter Alumínico, Chernossolos e Neossolo Quartzarênico; e pelos Cambissolos com caráter Alumínico.

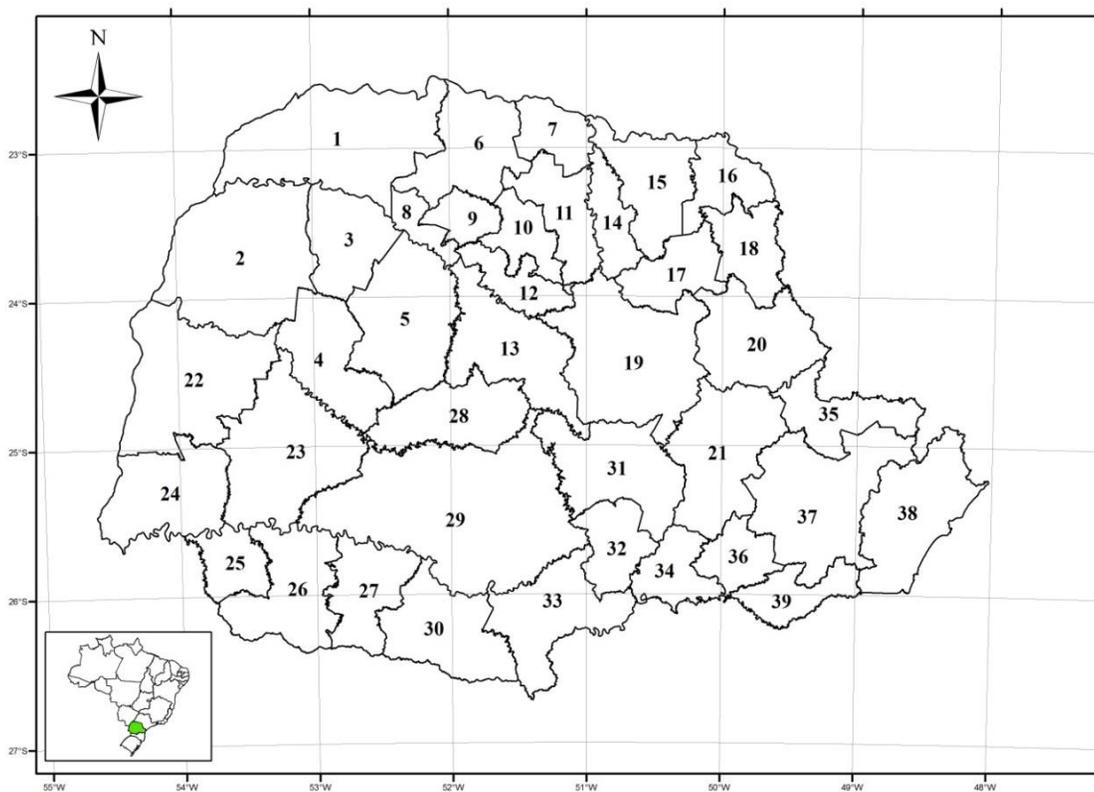
III. Grupo de solos de restrita aptidão agrícola e baixo potencial agropecuário. Refere-se a terras com solos que possuem limitações severas, exigindo que para se tornarem produtivos e sustentáveis, práticas muito intensivas e investimentos de recursos muitas vezes fora das possibilidades da maioria dos agricultores, portanto de baixo potencial agropecuário. Grupo formado pelos Neossolos Regolíticos e Cambissolos com caráter léptico.

IV. Grupos de solos inaptos para agricultura e de restrito potencial agropecuário. Refere-se a terras com solos que não apresentam possibilidades de superação de suas limitações sem descaracterizá-los de forma irreversível, ainda assim com elevados custos ambientais e financeiros, portanto de restrito potencial agropecuário. Grupo formado pelos Neossolos Litólicos e Cambissolos Flúvicos ou de relevo montanhoso; pelos Neossolo Flúvico, Gleissolo Háplico ou Melânico e todos os Organossolos; pelos Gleissolo Sáfico (incluindo os tiomórficos) e todos os Espodossolos; e Afloramento de Rocha em geral.

Como a variável referente à “qualidade do solo” não seria capaz de controlar todas as condições edafoclimáticas – ou seja, características de clima, relevo, litologia, temperatura, humidade do ar, radiação solar, tipo de solo, vento, composição atmosférica e precipitação pluvial – e como não foi possível levantar dados sobre outras variáveis importantes para determinação dos preços das terras destacadas no primeiro capítulo, tais como infraestrutura e proximidade com os mercados consumidores; os 339 municípios do Estado do Paraná foram agrupados em 39 microrregiões (*dummy*), conforme estabelecido pelo IBGE (Figura 4.2), para moderar essas variáveis de âmbito espacial.



**Figura 4.1.** Grupos de qualidade dos solos estabelecidos pelo Zoneamento Econômico Ecológico (ZEE) do Estado do Paraná, para os 399 municípios.



**Figura 4.2.** Microrregiões do Estado do Paraná.

**Nota:** 1: Paranavaí. 2: Umuarama. 3: Cianorte. 4: Goioerê. 5: Campo Mourão. 6: Astorga. 7: Porecatu. 8: Florai. 9: Maringá. 10: Apucarana. 11: Londrina. 12: Faxinal. 13: Ivaiporã. 14: Assaí. 15: Cornélio Procópio. 16: Jacarezinho. 17: Ibaiti. 18: Wenceslau Braz. 19: Telêmaco Borba. 20: Jaguariaíva. 21: Ponta Grossa. 22: Toledo. 23: Cascavel. 24: Foz do Iguaçu. 25: Capanema. 26: Francisco Beltrão. 27: Pato Branco. 28: Pitanga. 29: Guarapuava. 30: Palmas. 31: Prudentópolis. 32: Irati. 33: União da Vitória. 34: São Mateus do Sul. 35: Cerro Azul. 36: Lapa. 37: Curitiba. 38: Paranaguá. 39: Rio Negro.

Com relação às práticas de conservação do solo, foram consideradas às mesmas apresentadas e conceituadas no capítulo 3, ou seja, plantio em nível, terraços agrícolas e rotação de culturas. A partir do cruzamento da distribuição de frequência do uso das práticas conservacionistas, acima indicadas, com o percentual de estabelecimentos por tipo de preparo do solo, foram estabelecidas oito categorias de práticas conservacionistas, também apresentadas e conceituadas no capítulo 3.

#### 4.4.2 Modelo econométrico

Os resultados deste trabalho se baseiam, como já destacado, em dados municipais do Estado do Paraná, obtidos do Censo Agropecuário de 2006 e do Zoneamento Econômico Ecológico do Estado do Paraná. Trata-se, portanto, de um estudo com dados de corte transversal (*cross-section*) – os dados observados de todas as variáveis utilizadas no modelo corresponderem a um ponto específico no tempo, ou seja, as variáveis são estáticas. (WOOLDRIDGE, 2002).

Para Wooldridge (2002), a maior parte das análises econométricas, aplicadas aos dados de corte transversal, considera a premissa de que  $Y$  e  $X$  são duas variáveis representativas de uma população e o interesse da análise é verificar como  $y$  pode ser explicada pelas variações em  $x$ . Sendo, a regressão múltipla considerada o método de análise mais apropriado quando um problema de pesquisa envolve uma única variável dependente métrica que se relaciona com duas ou mais variáveis independentes.

No presente estudo foi realizada uma análise de regressão múltipla que é receptiva a uma investigação, *ceteris paribus*, na qual todos os outros fatores relevantes são mantidos fixos, possibilitando o controle dos outros fatores, que ao mesmo tempo afetam a variável dependente.

As estimativas foram obtidas, a partir de regressão múltipla, pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO)<sup>7</sup>, assumindo os pressupostos de um modelo clássico de regressão linear. Em outras palavras, consideraram-se os erros não correlacionados.

---

<sup>7</sup> Esse é um dos métodos de estimação mais comum para os modelos de regressão múltipla.

Assim, para análise dos determinantes dos preços das terras por tipo de preparo do solo foi ajustado o modelo conforme descrito:

$$Y_i = \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ji} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Sendo que o vetor  $Y$  contém os valores do logaritmo natural referente ao preço das terras agrícolas por tipo de preparo do solo por hectare;  $X_j$  corresponde à  $j$ -ésima variável explanatória considerada no modelo (Quadro 4.1.);  $\beta_j$  refere-se ao coeficiente que reflete o impacto de  $X_j$  sobre  $Y$ ; e  $\varepsilon_i$  o erro aleatório não explicado pelo modelo. Caso  $X_j$  seja uma variável binária que assume valores 0 e 1, a variação percentual em  $Y$  em relação à categoria tomada como referência de análise será equivalente a  $100.[e^{\beta_j}-1]\%$  (HALVORSEN; PALMQUIST, 1980).

**Quadro 4.1.** Descrição das variáveis explanatórias utilizadas no modelo econométrico.

Variável	Descrição
$\ln VBP$	Valor Bruto da Produção agrícola, em notação logarítmica, de cada um dos 399 municípios do Estado do Paraná.
% da área utilizada com a agricultura	Percentual da área ocupada pela agricultura de cada um dos 399 municípios do Estado do Paraná.
Tipo de preparo do solo	Variável <i>dummy</i> que representa quatro tipos de preparo solo: cultivo convencional, cultivo mínimo, plantio direto na palha (categoria de referência) e misto.
Grupo de solo	Variável <i>dummy</i> que representa quatro grupos de qualidade do solo (grupo I – categoria de referência, grupo II, grupo III e grupo IV), para cada um dos 399 municípios do Estado do Paraná. Utilizada para controlar os diferentes tipos de solo, sobretudo em relação às suas características de fertilidade e localização, que podem influenciar no preço das terras.
Práticas de conservação do solo	Variável <i>dummy</i> que representa três práticas de conservação dos solos (plantio em nível, terraços agrícolas e rotação de culturas), representadas por oito categorias (categoria I, categoria II, categoria III, categoria IV, categoria V, categoria VI, categoria VII e categoria VIII – referência).
Microrregiões do Estado do Paraná (como definidas pelo IBGE)	Variável <i>dummy</i> que representa as 39 microrregiões do Estado do Paraná, utilizada para o controle dos possíveis efeitos das diferenças edafoclimáticas, de infraestrutura da proximidade com os mercados consumidores, entre os 399 municípios do Paraná.

A partir da variável  $\ln VBP$ , diretamente relacionada a renda dos produtores, busca-se captar quanto o preço da terra é determinado pela produtividade marginal do fator, considerado tanto pelos economistas clássicos, quanto pelos neoclássicos, conforme apresentado no capítulo 1, como um dos principais determinantes do preço desse ativo. Essa é uma das variáveis mais utilizadas nos modelos referentes aos preços das terras, sendo que quanto maior o VBP maior será o preço das terras.

Já a variável percentual da área de agricultura, é relacionada ao limite na oferta de terra por esta ser fixa, questão também amplamente discutida pelos economistas clássicos e neoclássicos. Nesse contexto, quanto menor for a possibilidades de expansão da área de cultivo, maior será o preço das terras, ou maior será a renda do produtor. No caso do Estado do Paraná como a fronteira agrícola provavelmente já atingiu seu limite, as terras agrícolas já se encontram bastante valorizadas e, assim sendo, essa variável não deveria ter grande influência sobre o modelo, mesmo porque já estaria sendo pago a renda da escassez, conforme preconizado na teoria economia neoclássica.

O tipo de preparo do solo, ou as tecnologias utilizadas no manejo do solo, é uma variável que explicita a renda diferencial da terra, amplamente discutida pelos economistas da escola clássica. Plata (2006) também considera que as diferentes tecnologias utilizadas na agricultura como fatores determinantes no preço das terras. No caso específico deste estudo, ao se considerar o plantio direto na palha como uma tecnologia que garantirá a elevação do rendimento físico do solo, também se infere que haverá um diferencial na renda dos produtores que a utilizam, representando assim um fator determinante no preço das terras agrícolas.

As variáveis relacionadas ao grupo de solo e as práticas de conservação do solo também remetem à renda diferencial da terra gerada pelas terras mais férteis, melhor conservadas e mais aptas às atividades agrícolas – portanto mais produtivas – conforme argumentação apresentada pelos economistas clássicos. Assim sendo, é de se esperar que essas variáveis tenham influência sobre os preços das terras agrícolas paranaenses.

A variável relacionada às microrregiões do Estado do Paraná busca captar elementos teoricamente importantes na determinação dos preços das terras, também relacionados aos ganhos produtivos e à renda diferencial da terra. Um desses elementos são as condições

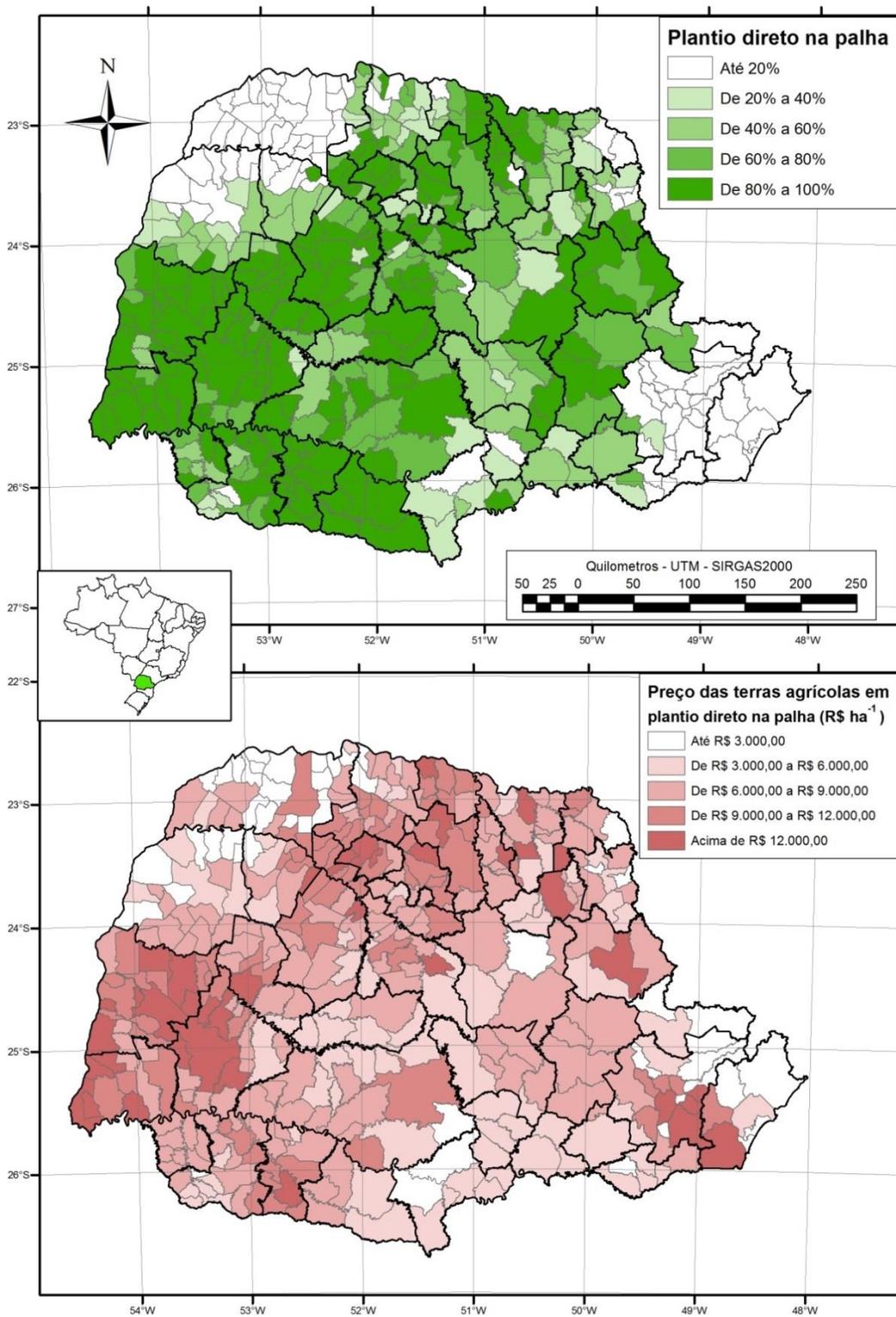
edafoclimáticas. Os outros elementos são a infraestrutura e a proximidade das unidades produtivas (estabelecimentos agropecuários) com os centros consumidores.

Possíveis problemas de heterocedasticidade dos resíduos, frequentes em estudos econométricos com dados do tipo *cross-section* – fato que se aplica a este estudo –, foram analisados com base no teste de White (1980). Segundo Garcia e Maia (2014), nesse procedimento, a estatística  $\chi^2$  testa a hipótese nula de que os erros são homocedásticos e independentes dos regressores. Além disso pressupondo que os modelos estejam corretamente especificados, a rejeição da hipótese nula no modelo indica evidências de heterocedasticidade.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS<sup>®</sup>), versão 9.3.

#### **4.5 Resultados**

Na Figura 4.1 são apresentados mapas com faixas percentuais da área de lavouras temporárias ocupadas com plantio direto na palha e com faixas de preços das terras agrícolas para os 399 municípios do Estado do Paraná. Pelos mapas é possível observar, de modo geral, a relação entre o plantio direto na palha e o que preço das terras agrícolas. Também é interessante notar que os grupos por microrregiões nas quais há municípios com maior percentual de adoção do plantio direto na palha são aquelas com preços de terras mais elevados, indicando a importância das variáveis de controle (qualidade dos solos e microrregiões).



**Figura 4.3.** Percentual de ocupação da área de lavouras temporárias e preços das terras agrícolas com plantio direto na palha no Estado do Paraná.

**Fonte:** elaborado a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006 do IBGE.

Na Tabela 4.1 são apresentados os resultados do modelo de análise de regressão pelo método MQO, no que diz respeito à hipótese deste estudo, ou seja, sobre a influência do plantio direto na palha na determinação dos preços das terras agrícolas do Estado do Paraná.

**Tabela 4.1.** Resultados do modelo de regressão.

<b>Variável</b>	<b>Parâmetro</b>	
Intercepto	8,756***	(0,204)
% de área agrícola	0,000	(0,000)
<i>ln</i> VBP agrícola	0,101***	(0,035)
Plantio direto na palha	<i>Categoria de referência</i>	
Cultivo convencional	-0,109***	(0,047)
Cultivo mínimo	-0,149***	(0,049)
Misto	-0,140***	(0,047)
Grupo de solos I <sup>(1)</sup>	<i>Categoria de referência</i>	
Grupos de solos II <sup>(2)</sup>	-0,258**	(0,135)
Grupo de solos III <sup>(3)</sup>	-0,550***	(0,117)
Grupo de solo IV <sup>(4)</sup>	-0,100	(0,235)
Práticas conservacionistas I <sup>(5)</sup>	0,212	(0,161)
Práticas conservacionistas II <sup>(6)</sup>	0,607***	(0,231)
Práticas conservacionistas III <sup>(7)</sup>	0,330**	(0,178)
Práticas conservacionistas IV <sup>(8)</sup>	0,486***	(0,200)
Práticas conservacionistas V <sup>(9)</sup>	0,450***	(0,195)
Práticas conservacionistas VI <sup>(10)</sup>	0,317	(0,426)
Práticas conservacionistas VII <sup>(11)</sup>	0,601***	(0,204)
Práticas conservacionistas VIII <sup>(12)</sup>	<i>Categoria de referência</i>	
Microrregiões	<i>Variável de controle</i>	
R <sup>2</sup>	0,21	
F	7,02***	
χ <sup>2</sup>	547,75***	

**Fonte:** elaborado pelo autor com base em tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006.

**Notas:** <sup>(1)</sup> Boa aptidão agrícola e alto potencial agropecuário. <sup>(2)</sup> Regular aptidão agrícola e moderado potencial agropecuário. <sup>(3)</sup> Restrita aptidão agrícola e baixo potencial agropecuário. <sup>(4)</sup> Inaptos para agricultura e de restrito potencial agropecuário. <sup>(5)</sup> Faz plantio em nível apenas. <sup>(6)</sup> Usa terraços agrícolas apenas. <sup>(7)</sup> Faz rotação de culturas apenas. <sup>(8)</sup> Faz plantio em nível e usa terraços agrícolas. <sup>(9)</sup> Faz plantio em nível e faz rotação de culturas. <sup>(10)</sup> Usa terraços agrícolas e faz rotação de culturas. <sup>(11)</sup> Usa todas as práticas conservacionistas. <sup>(12)</sup> Não utiliza nenhuma prática conservacionista. Valores entre parêntese representam erros-padrão robustos.

\*  $p \leq 0,10$ . \*\*  $p \leq 0,05$ . \*\*\*  $p \leq 0,001$ .

Em razão da ocorrência de problemas de heterocedasticidade foi realizada correção do erro-padrão das estimativas dos parâmetros da regressão, por meio do procedimento sugerido

por White (1980). Ao corrigir este problema, que tornaria as estimativas dos erros-padrão tendenciosas, foram utilizados estimadores para os erros-padrão robustos à presença de heterocedasticidade. As estimativas dos coeficientes e de seus erros-padrão robustos são apresentadas na Tabelas 4.1, considerando uma amostra de 1.547 dados observados. Mesmo após a correção do erro-padrão quase todos os coeficientes mostraram-se estatisticamente diferentes de zero, aos níveis de significância de 1%, 5% e 10%.

Com base no modelo estimado, constata-se que em geral as variáveis de controle foram significativas e apresentam os sinais esperados. A partir do modelo estimado os resultados indicaram que, no Estado do Paraná, terras das áreas agrícolas com plantio direto na palha, que expressa neste estudo a categoria de referência, ou seja, aquela considerada como o manejo do solo mais conservacionista, quando comparada às demais (cultivo convencional, cultivo mínimo e misto), tiveram preços mais elevados.

Com relação ao efeito conjunto das variáveis explicativas sobre a variável dependente, o teste de  $F$  para o modelo foi significativo ( $p \leq 0,01$ ). Já em relação ao coeficiente de determinação ( $R^2$ ), os regressores apresentaram um valor de 21%<sup>8</sup>. O resultado do  $R^2$ , que pode ser considerado baixo, hipoteticamente decorreu da pouca variabilidade do regressor  $\ln VBP$  agrícola, isso em função de haver somente uma observação do VBP por município, quando o ideal seriam observações do VBP por tipo de preparo do solo e por município.

No modelo, independente de outros fatores, com relação aos tipos de preparo do solo, em comparação ao plantio direto na palha o cultivo convencional reduziu o preço das terras agrícolas em aproximadamente, 10% [ $e^{-0,109} - 1$ ] ( $p \leq 0,01$ ); (ii) o cultivo mínimo reduziu o preço das terras agrícolas em aproximadamente 14% [ $e^{-0,149} - 1$ ] ( $p \leq 0,01$ ); (iii) e, o preparo misto do solo reduziu o preço das terras agrícolas em cerca de 13% [ $e^{-0,140} - 1$ ] ( $p \leq 0,01$ ). Ou seja, no Estado do Paraná, as terras agrícolas de lavouras temporárias, nas quais se adota como tipo de preparo do solo o plantio direto na palha são mais valorizadas. Esse fato demonstra que a possível renda diferencial obtida com o plantio direto na palha tem um impacto positivo na determinação dos preços das terras.

---

<sup>8</sup> Vale destacar que modelos de regressão com dados de seção cruzada (*cross section*) tendem a apresentar um  $R^2$  baixo.

No caso do preço das terras com cultivo mínimo terem apresentado um menor valor na comparação entre o plantio direto e os tipos de preparo do solo pode estar relacionada ao baixa adoção desse sistema de manejo por parte dos agricultores. A menor utilização do cultivo mínimo, por sua vez, pode ser associada às características do pacote tecnológico inerente ao cultivo mínimo, que demanda maquinário agrícola específico, como o escarificador, o que acaba gerando um custo adicional na compra de equipamentos ou contratação de serviços para realização das operações agrícolas.

A questão que emerge a partir dos resultados e de todas as considerações realizadas nos capítulos anteriores desta tese é: sendo o plantio direto na palha tão vantajoso, por que não é adotado por todos os agricultores? A resposta não é simples e, tampouco, o estudo aqui realizado suficiente para esclarecê-la, mas é possível levar em conta que a agricultura paranaense, assim como a brasileira, é extremamente heterogênea. Que o mundo rural é heterogêneo (BUAINAIN et al., 2014). Assim sendo, nem sempre o agente econômico – nesse caso o produtor rural – seguirá a mesma racionalidade dos seus pares. Há de se considerar que esta heterogeneidade está atrelada a questões culturais, regionais, a capacidade de investimento e ao nível de conhecimento acumulado pelo agricultor, a governança do solo, entre tantos outros fatores, que são decisivos nas tomadas de decisão desses indivíduos.

Outros resultados que se depreende da análise são que, *ceteris paribus*, o aumento de 1% do valor bruto da produção agrícola eleva em 0,1% o preço das terras agrícolas paranaenses ( $p \leq 0,01$ ). Nesse contexto, se pode inferir que 10% dos preços das terras agrícolas no Paraná são determinados pela renda obtida com as atividades agrícolas, ou seja, com a renda auferida com a produção.

No que diz respeito aos grupos de qualidade do solo, temos que terras de boa aptidão agrícola e alto potencial produtivo são 23% [ $e^{-0,258} - 1$ ] ( $p \leq 0,05$ ) mais cara do que as de regular aptidão agrícola e alto potencial agropecuário e 42% [ $e^{-0,550} - 1$ ] ( $p \leq 0,01$ ) mais caras do que aquelas de restrita aptidão agrícola e restrito potencial agropecuário. Esses resultados evidenciam que as terras de melhor qualidade, como já explicitado pelos economistas clássicos, ao possibilitarem uma renda diferencial aos seus proprietários, serão mais caras.

Outra constatação que emerge dos resultados é que a utilização de práticas conservacionistas, sobretudo nas categorias que incluem o uso dos terraços agrícolas – que

representam um investimento em termos de benfeitorias realizadas na unidade produtiva – as terras serão mais valorizadas em comparação a categoria na qual não se utiliza nenhuma prática conservacionista.

O percentual da área agrícola, como era de se esperar, não se apresentou significativo no modelo. Como já destacado, esse resultado pode estar atrelado à limitada capacidade de oferta de terras agrícolas. Isso porque, em função da oferta de terras ser, de certo modo, fixa e os limites da fronteira agrícola nessa Unidade da Federação terem sido atingidos, estas já apresentam preços bastante elevados.

Os resultados, de forma geral, remetem a ao conceito clássico da renda diferencial da terra, como apresentado, por exemplo, por Ricardo (1996 [1817]). Isso porque, a maioria das variáveis trata de características do solo e da capacidade produtiva das terras agrícolas, em uma mesma condição. De modo geral, ao realizar uma comparação entre os tipos de preparo do solo, os grupos de qualidade do solo e as práticas conservacionistas, mantido o controle das microrregiões, que por sua vez também consideravam características edafoclimáticas, de infraestrutura e proximidade das unidades produtivas com os centros consumidores, fica evidente que nas condições em que se garantirá melhores ganhos em termos de rentabilidade ao produtor, as terras serão mais valorizadas. Em outras palavras, pelo seu diferencial que pode representar em termos de ganhos para o produtor, a conservação do solo e da água valorizam os preços das terras agrícolas.

Os resultados desta pesquisa estão de acordo com aqueles obtidos nos de estudos de Colacicco et al. (1989), Hertzler et al. (1985), King e Sinden (1988) e Palmquist e Danielson (1989) sobre a conservação dos solos e preço das terras agrícolas. De forma geral, esses autores verificaram que o manejo conservacionista do solo, principalmente por garantir ganhos de produtividade e redução de custo ao agricultor, elevam os preços das terras agrícolas. Entretanto, em outros estudos, embora se aceite teoricamente que investimentos em conservação do solo possam valorizar as terras agrícolas, essa dinâmica não foi comprovada (McCONNELL, 1983; ERVIN; MILL, 1985; GARDNER; BARROWS, 1985).

#### **4.6 Considerações finais**

Os resultados obtidos do modelo eram esperados, uma vez que o plantio direto na palha em comparação ao cultivo convencional, promove uma série de benefícios ao solo. Desde a década de 2000, com a quebra das patentes dos herbicidas e barateamento destes produtos, para o produtor que adote o plantio direto há uma economia de máquinas, combustível e mão-de-obra, com menores custos de produção. Ainda, a redução no número de operações agrícolas representa uma simplificação na gestão da propriedade. Ademais, a permanência da cobertura morta sobre a superfície do solo (a palha da cultura anterior) reduz o impacto das gotas de chuva, protegendo o solo contra a desagregação de partículas e compactação. Além disso, a palha dificulta o escoamento superficial, aumentando o tempo e a capacidade de infiltração da água da chuva. Há redução nas perdas de solo e água pela erosão, minimizando possíveis riscos de perda de produção associados às atividades agrícolas. A umidade do solo, sua estrutura física, é preservada pela cobertura, mantendo um equilíbrio físico-químico de nutrientes para as culturas sucessoras. Outro efeito benéfico é o aumento da matéria orgânica no solo, que melhora os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, ao contrário do que ocorre no cultivo convencional. O não revolvimento do solo favorece a biodiversidade, aumenta sua fertilidade e melhora sua estrutura e agregação. O conjunto de melhorias na qualidade do solo manejado com plantio direto na palha aumenta a sua capacidade produtiva.

Mas, uma das grandes vantagens do plantio direto na palha é a conservação do solo em si, que é o maior patrimônio do agricultor. Vale destacar que quanto maior a capacidade produtiva do solo ao longo do tempo, maior será a capacidade da terra, enquanto ativo econômico, em manter sua condição de reserva de valor.

Para o Estado do Paraná, aceitou-se como verdadeira a hipótese de que o plantio direto na palha valoriza as terras agrícolas. Esta condição, possivelmente, está atrelada às ações públicas (programas e políticas) executadas ao longo da história com respeito à conservação dos solos, o que contribuiu sobremaneira para que esse tipo preparo do solo se tornasse predominante no território paranaense.



## Conclusões

O objetivo deste estudo, ou seja, verificar se a utilização do plantio direto na palha, em comparação aos outros tipos de preparo do solo, tem alguma relação com o preço das terras agrícolas no Brasil, nas Grandes Regiões, nas Unidades da Federação, e se apresenta alguma evidência no caso do Estado do Paraná, no qual desde a década de 1970 vem sendo realizadas ações públicas de combate à erosão e de incentivo a adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo, foi alcançado ao final dessa investigação.

No âmbito do território brasileiro, bem como das Grandes Regiões e das Unidades da Federação, os dados do Censo Agropecuário 2006, permitem observar uma ascensão dos preços das terras nas áreas de lavouras temporárias quando as mesmas são cultivadas com plantio direto na palha, em relação aquelas com cultivo convencional, mínimo e misto, como observado nas regiões Sul e Centro-Oeste e nos estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Vale destacar que terras agrícolas mais valorizadas em áreas com plantio direto na palha, quando comparadas ao cultivo convencional, mínimo e misto, podem estar relacionadas a outros aspectos técnicos e econômicos.

Assim, entre os fatores técnicos que podem ter influenciado os produtores rurais na adoção do plantio direto na palha, se destacam a redução de risco e de custos e do número de operações agrícolas em comparação aos outros tipos de preparo. Outro fator que cumpriu papel preponderante para tomada de decisão dos agricultores foi a intervenção do Estado, por meio de ações públicas, como programas e políticas com vista a conservação dos solos. Isso suscita novamente a questão de que é válido investigar melhor a repercussão dos programas de natureza pública de conservação e de governança do solo na valorização de ativos públicos e privados.

O plantio direto na palha apareceu com mais intensidade nas regiões Sul e Centro-Oeste, podendo estar relacionado à predominância do cultivo de grãos nas áreas de lavouras temporárias dessas regiões. Contudo, sua expansão parece limitada em outras regiões pelo fato de que não são disponíveis métodos alternativos ao preparo convencional do solo em culturas temporárias com grande participação na área agrícola das outras regiões do país, como a cana-de-

açúcar no Sudeste e a mandioca no Nordeste, sugerindo que tecnologias apropriadas para as mesmas sejam desenvolvidas e cheguem ao sistema produtivo pela rede de PD&I.

Para o Estado do Paraná foi possível verificar a validade da hipótese de que terras agrícolas, de lavouras temporárias, cultivadas com plantio direto na palha, considerado o tipo de preparo do solo mais conservacionista, em comparação ao cultivo convencional e mínimo, são mais valorizadas. No caso do Paraná é importante ressaltar que um amplo trabalho ligado a governança do solo vem sendo realizado desde a década de 1970, incentivando os produtores rurais a adotarem práticas conservacionistas de manejo do solo e da água e, assim sendo, o resultado desta pesquisa apenas denota efeitos dos esforços até aqui realizados.

Assim, embora os fatores determinantes dos preços das terras agrícolas em um país continental como o Brasil, com uma ampla diversidade de atividades agropecuárias, e com uma heterogeneidade de condições edafoclimáticas e socioeconômicas, os resultados indicaram que a adoção do plantio direto na palha valoriza às terras agrícolas, em comparação aos demais tipos de preparos do solo – cultivo convencional e mínimo. Mas, outros trabalhos devem explorar, além dos fatores produtivos, a dinâmica dos fatores especulativos que influenciam os preços das terras agrícolas no país, associado às variáveis aqui utilizadas. Além disso, seria interessante que o estudo fosse realizado em outras Unidades da Federação.

Os resultados também evidenciam que a adoção do plantio direto na palha, embora traga melhorias no manejo do solo, ele por si só não é suficiente para constituir uma agricultura plenamente conservacionista no país. Todavia, ainda é necessário melhor analisar as interações entre o uso do plantio direto na palha associado as demais técnicas conservacionistas, como o plantio em nível, o uso de terraços, a rotação e a consorciação de culturas e de formas de exploração agrícola, no espaço e no tempo, das espécies cultivadas e das atividades econômicas no meio rural.

Outro aspecto importante para o avanço do conhecimento na temática é contar com um painel de dados robusto e comparável, no caso permitido por dados levantados e publicados pelo IBGE, através do Censo Agropecuário. Com a descontinuidade ou demasiada extensão temporal entre edições do Censo Agropecuário, ou sua possível migração para um sistema de pesquisa contínua no estilo de PNAD, é importante que seja mantida e aprimorada a coleta de informações das práticas conservacionistas, antecipando que as políticas públicas cada vez mais

precisam endereçar corretamente o estímulo a essas tecnologias pelos agricultores e precisarão de informações robustas para seu balizamento.

Por fim, cabe lembrar que não obstante as vantagens do plantio direto na palha, no que diz respeito à conservação e preservação do solo, há de se considerar as vantagens de ordem econômica que esta traz ao agricultor, visto que ela extrapola questões meramente de custos. Assim sendo, é importante destacar que a técnica de plantio direto na palha apresenta uma relação custo-benefício virtuosa, pois além dos benefícios que traz ao meio ambiente, sobretudo ao recurso natural solo, eleva o preço das terras agrícolas. Essa valorização, por sua vez, representa uma renda diferencial aos seus proprietários e um fator especulativo no mercado de terras.



## Referências

- ABRAMIDES NETO, J.; BORGONOVI, M. O terraceamento no combate à erosão. **O Solo**, Piracicaba, v. 33, n. único, p. 49-64, 1941.
- ALDY, J.E.; HRUBOVCAK, J.; VASAVADA, U. The role of technology in sustaining agriculture and the environment. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 81-96, 1998.
- ALFSEN, K.H.; DE FRANCO, M.A.; GLOMSRØD, S.; JOHNSEN, T. The cost of soil erosion in Nicaragua. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 129-145, 1996.
- ALSTON, J.M. An analysis of growth of U.S. farmland prices, 1963-82. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 68, n. 1, p. 1-9, 1986.
- AWOKUSE, T.O.; DUKE, J.M. The causal structure of land price determinants. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, Winnipeg, v. 54, n. 2, p. 227-245, 2006.
- BACHA, C.J.C. A determinação do preço de venda e de aluguel da terra na agricultura. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 443-456, 1989.
- BAHIA, V.G.; CURI, N.; CARMO, D.N.; MARQUES, J.J.G.S.M. Fundamentos de erosão do solo: tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.
- BARBIER, E.B. The farm-level economics of soil conservation: the uplands of Java. **Land Economics**, Madison, v. 66, n. 2, p. 199-211, 1990.
- BARLOWE, R. **Land resource economics: The economics of real estate**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1986.
- BARTHELLMESS, A. Ocupação e organização do Paraná Velho. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 6-7, p. 42-63, 1962.
- BAVER, L.D. How serious is soil erosion? **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 15, n. C, p. 1-5, 1951.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PILLON, C. N.; SANGOI, L. changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, n. 5, p. 1473-1478, 2001.

- BENNETT, H.H. The cost of soil erosion. **The Ohio Journal of Science**, Columbus, v. 33, n. 4, p. 271-279, 1933.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 409-418, 1997.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C.; AMARAL, A.J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7 ed. São Paulo: Ícone, 2010.
- BLAUG, M. **Economic theory in retrospect**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- BLOSSER, R.H. Factors affecting the economics of soil conservation. **The Ohio Journal of Science**, Columbus, v. 53, n. 4, 236-239, 1953.
- BOLLIGER, A. et al. Talking stock of the Brazilian “zero-till revaluation”: a review of land mark research and farmers practice. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 91, p. 47-110, 2006.
- BORGES FILHO, E.L. O processo de desenvolvimento do plantio direto no Brasil: a conjunção de interesses entre agricultores, indústrias e o Estado. 2001. 156 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001
- BORGES, G.O. Resumo histórico do plantio direto no Brasil. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional Pesquisa de Trigo/Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária/Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa Fecotrigo (Eds.). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.13-18.
- BOULDING, K.E. **Towards a new economics**: critical essays on ecology, distribution and other themes. Brookfield, VT: Edward Elgar, 1992. (Economists of the Twentieth Century)
- BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; THOMAS, J.C. **Solo**: uma experiência em manejo e conservação. Curitiba, 1997.
- BRANDÃO, A.S.P. Crescimento econômico e exaustão dos solos. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 3, p. 289-305, 1985.
- BRANDÃO, A.S.P. **O preço da terra no Brasil**: verificação de algumas hipóteses. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1986. (Ensaio Econômico da EPGE, 79)

- BROCKWAY, G.P. On speculation: a footnote to Keynes. **Journal of Post Keynesian Economics**, Armonk, v. 5, n. 4, p. 515-522, 1983.
- BRUM, A.J. **Modernização da agricultura: trigo e soja**. Petrópolis: Vozes, 1988.
- BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J.M.; NAVARRRO, Z. (Eds.). **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília: Embrapa, 2014.
- BUNCE, A.C. **The economics of soil conservation**. Ames: The Iowa State College Press, 1942.
- CALEGARI, A.; HARGROVE, W.L.; RHEINHEIMER, D.S.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M.F. Impact of long-term no-tillage and cropping system management on soil organic carbon in an Oxisol: a model for sustainability. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, n. 4, p. 1013-1019, 2008.
- CAMARGO, A. M. M. P.; FERREIRA, C. R. R. P. T. Evolução do preço da terra agrícola no Brasil 1966-1986. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 45-72, 1989.
- CAMARGO, A.M.M.P.; CAMARGO, F.P.; SIQUEIRA, A.C.N.; CAMARGO FILHO, W.P.; FRANCISCO, V.L.F.S. Valorização da terra agrícola conforme o uso regional do solo no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 1, p.28-40, 2004.
- CARDOSO, F.P. Plantio direto: ano 2000. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 78, n. 2, p. 165-168, 2003.
- CARDOSO, F.P. Cultura em faixas de nível. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 14, n. 5-6, p. 210-224, 1939b.
- CARDOSO, F.P. Erosão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 14, n. 1-2, p. 1-9, 1939a.
- CARVALHO, M.S. O uso do solo na década de 1960 no norte do Paraná e a política cafeeira. **Geografia**, Londrina, v. 8, n. 2, p. 135-141, 1999.
- CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G.; LLANILLO, R.F. **Plantio direto no Sul do Brasil: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina: IAPAR, 2012.
- CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. et al. Sistema plantio direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, p. 333-370, 2007.

- CASTLE, E. N.; HOCK, I. Farm real estate price componentes, 1920-78. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 64, n. 1, p. 8-18, 1982.
- CASTRO, O.M. Conservação do solo e qualidade dos sistemas produtivos. **O Agrônomo**, Campinas, v. 43, n. 2-3, p. 110-117, 1991.
- CAVALETT, O.; ORTEGA, E. Emery, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 17, n. 8, p. 762-771, 2009.
- CHAGAS, P.B., ICHIKAWA, E.Y. Redes de C&T em institutos públicos de pesquisa brasileiros: o caso do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 93-121, 2009.
- CHAVAS, J-P. Structural change in agricultural production: economics, technology and policy. In: BRUCE, L.G; GORDON, C.R. (Eds.). **Handbook of agricultural economics**. Volume 1A. Agricultural production. Amsterdam: North Holland, 2001. p. 263-285.
- CHRYST, W.E. Land values and agricultural income: A paradox? **Journal of Farm Economics**, Menasha, v. 47, n. 5, p. 1265-1273, 1965.
- CIGOLINI, A.; MELLO, L.; LOPES, N. **Paraná**: quadro natural, transformações territoriais e economia. Curitiba: Renascer, 1998.
- CIRIACY-WANTRUP, S.V. Capital returns from soil conservation practices. **Journal of Farm Economics**, Menasha, v. 29, n. 4, p. 1181-96, 1947.
- CLARK, E.H., II. The off-site costs of soil erosion. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 40, n. 1, p. 19-22, 1985.
- COHEN, A.J. Prices, capital, and the one-commodity model in neoclassical and classical theories. **History of Political Economy**, Durham, v. 21, n. 2, p. 231-251, 1989.
- COHEN, M.J.; BROWN, M.T.; SHEPHERD, K.D. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emery synthesis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 114, n. 2-4, p. 249-269, 2006.
- COLACICCO, D.; OSBORN, T.; ALK, K. Economic damage from soil erosion. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 44, n. 1, p. 35-39, 1989.
- CRASWELL, E.T.; LEFROY, R.D.B. The role and function of organic matter in tropical soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 61, n. 1-2, p. 7-18, 2001.

- CROSSON, P. Agricultural land: a question of values. **Agriculture and Human Values**, Dordrecht, v. 2, n. 4, p. 6-13, 1985.
- CROSSON, P. Soil quality and agricultural development. In: EVENSON, R.; PINGALI, P. (Eds.). **Handbook of agricultural economics**. v. 3. Agricultural development: Farmers, farm production and farm markets. Amsterdam: North-Holland, 2007. p. 2911-2932.
- CROWDER, B.M. Economic costs of reservoir sedimentation: A regional approach to estimating cropland erosion damages. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 42, n. 3, p. 194-197, 1987.
- CUNHA, G. **Plantio direto**. 39 ed. São Paulo: Saraiva, 1997.
- DALY, H.E. Allocation, distribution, and scale: towards an economics that is efficient, just, and sustainable. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 6, n. 3, 185-193, 1992.
- DALY, H.E. On economics as a life science. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 76, n. 3, p. 392-406, 1968.
- DALY, H.E.; FARLEY, J. **Ecological economics: Principles and applications**. Washington: Island Press, 2004.
- DASGUPTA, P.; HEAL, M.G. The optimal depletion of exhaustible resources. **The Review of Economic Studies**, Bristol, v. 41, n. especial, p. 3-28, 1974.
- DASSO, J.; SHILLING, J.; RING, A. **Real estate**. 12 ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.
- DAVIDSON, P. Why money matters: Lessons from a half-century of monetary theory. **Journal of Post Keynesian Economics**, Armonk, v. 1, n. 1, p. 46-70, 1978.
- DE MARIA, I.C.; NABUDE, P.C.; CASTRO, O.M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 51, n. 1-2, p. 71-79. 1999.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; BACALTCHUK, B.; SATTLER, A.; DENARDIN, N.D.; FAGANELLO, A.; WIETHÖLTER, S. Sistema plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. (Eds.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. v.1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.1251-1273.

- DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; HONGWEN, L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Beijing, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2010.
- DERPSCH, R.; ROTH C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. GTZ, Eschborn. 1991.
- DIECKOW, J.; BAYER, C.; CONCEICAO, P.C.; ZANATTA, J.A.; MARTIN-NETO, L., MILORI, D.B.M.; SALTON, J.C.; MACEDO, M.M.; MIELNICZUK, J.; HERNANI, L.C. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 60, n. 2, p. 240-249, 2009.
- DOLL, J.P.; WIDDOWS, R.; VELDE, P.D. The value of agriculture land in the United States: A report on research. **Agricultural Economics Research**, Washington, v. 35, n. 2, p. 39-44, 1983.
- DREGNE, H.E. Erosion and soil productivity in Africa. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 45, n. 4, p. 431-436, 1990.
- EGLER, C.A. Preço da terra, taxa de juro e acumulação financeira no Brasil. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 112-135, 1985.
- EHRlich, P.R., EHRlich, A. **The population explosion**. New York, NY: Simon & Schuster, 1990.
- ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; SCOPEL, I.; GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 117-125, 1984.
- ERVIN, E.D.; MILL, J.W. Agricultural land markets and soil erosion: policy relevance and conceptual issues. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 67, n. 5, p. 938-942, 1985.
- FERRO, A.B.; CASTRO, E.R. Determinantes dos preços de terras no Brasil: uma análise de região de fronteira agrícola e áreas tradicionais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 591-609, 2013.
- FIDALSKI, J. Diagnóstico de manejo e conservação do solo e da água na região noroeste do Paraná. **Revista UNIMAR**, v. 19, n. 3, p. 845-851, 1997.

- FIDELIS, R.R.; ROCHA, R. N. C.; LEITE, U. T.; TANCREDI, F.D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2003.
- FLEISCHFRESSER, V. Políticas Públicas e a Formação de Redes Conservacionistas em Microbacias Hidrográficas: o exemplo do Paraná Rural. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 95, p. 61-77, 1999.
- FLETCHER, J.J. Soil erosion and land prices: discussion. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 67, n. 5, p. 954-956, 1985.
- FONSECA FILHO, I. A erosão e seus efeitos. **O Solo**, Piracicaba, v. 25, n. 1-2, p. 33-35, 1934.
- FORSTER, D.L.; BARDOS, C.P.; SOUTHGATE, D.D. Soil erosion and water treatment costs. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 42, n. 5, p. 349-352, 1987.
- LANDERS, J.N. **Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture**. The Brazilian experience. Roma: FAO, 2007. (Integrated Crop Management, 5)
- LLANILLO, R.F.; TELLES, T.S.; SOARES JUNIOR, D.; PELLINI, T. Tillage systems on annual crops in Brazil: figures from the 2006 Agricultural Census. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3691-3697, 2013.
- GARCIA, V.G.; MAIA, A.G. Características da participação das pessoas com deficiência e/ou limitação funcional no mercado de trabalho brasileiro. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 395-418, 2014.
- GARDNER, K.; BARROWS, R. The impact of soil conservation investments on land prices. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 67, n. 5, p. 943-947, 1985.
- GISLADOTTIR, G.; STOCKING, M. Land degradation control and its global environmental benefits. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 16, n. 2, p. 99-112, 2005.
- GRAZIANO DA SILVA, J. **Progresso técnico e relações de trabalho na agricultura**. São Paulo: HUCITEC, 1981. (Economia & Planejamento)
- GROHMANN, F.; CATANI, R.A. O empobrecimento do solo causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do Arenito Bauru. **Bragantia**, Campinas, v. 9, 5-8, p. 125-132, 1949.
- GROHMANN, F.; VERDADE, F.C.; MARQUES, J.Q.A. Perdas de elementos nutritivos pela erosão: II. Elementos minerais e carbono. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n. único, p. 361-371, 1956.

- HALLAM, D., MACHADO, F.; RAPSOMANIKIS, G. Co-integration analysis and the determinants of land prices. **Journal of Agricultural Economics**, Reading, v. 43, n. 1, p. 28-37, 1992.
- HANSEN, L.T.; BRENNEMAN, V.E.; DAVISON, C.W.; DICKEN, C.W. The cost of soil erosion to downstream navigation. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 57, n. 4, p. 205-212, 2002.
- HAUER, M. As florestas no Paraná: um processo de involução. In: SONDA, C.; TRAUZYNSKI, S.C. (Orgs.). **Reforma agrária e meio ambiente: teoria e prática no estado do Paraná**. Curitiba: ITCG, 2010. p. 27-44.
- HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.N. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. (Eds.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 47-60.
- HERTZLER, G.; IBÁÑEZ-MEIER, C.A.; JOLLY, R.W. User costs of soil erosion and their effect on agricultural land prices: Costate variables and capitalized hamiltonians. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 67, n. 5, p. 948-953, 1985.
- HITZHUSEN, F.; MACGREGOR, B.; SOUTHGATE, D. Private and social cost-benefit perspectives and a case application on reservoir sedimentation management. **Water International**, Urbana, v. 9, n. 4, p. 181-189, 1984
- HOBBS P.R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 363, n. 1491, p. 543-555, 2008.
- HOLMES, T.P. The offsite impact of soil erosion on the water treatment industry. **Land Economics**, Madison, v. 64, n. 4, p. 356-366, 1988.
- HUANG, H.; MILLER, G.Y.; SHERRICK, B.J.; GOMEZ, M.I. Factors influencing Illinois farmland values. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 88, n. 2, p. 458-470, 2006.
- HUSZAR, P.C.; PIPER, S.L. Estimating the off-site costs of wind erosion in New Mexico. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 41, n. 6, p. 414-416, 1986.
- IBACH, D.B. Some economic issues in soil resource conservation. **The American Journal of Economics and Sociology**, New York, v. 4, n. 3, p. 407-416, 1945.

- JOLLY, R.W.; EDWARDS, W.M.; ERBACH, D.C. Economics of conservation tillage in Iowa. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 38, n. 3, p. 291-294, 1983.
- JUST, R.E.; MIRANOWSKI, J.A. Understanding farmland price changes. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 75, n. 1, p. 156-168, 1993.
- KALDOR, N. What is wrong with economic theory. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 89, n. 3, p. 347-357, 1975.
- KATZMAN, M.T. Colonization as an approach to regional development: Northern Paraná, Brazil. **Economic Development and Cultural Change**, v. 26, n. 4, p. 709-724, 1978.
- KEYNES, J.M. **A teoria geral do emprego, do juro e da moeda**. São Paula: Atlas, 1992.
- KING, D.A.; SINDEN, J.A. Influence of soil conservation on farm land values. **Land Economics**, Madison, v. 64, n. 3, p. 242-255, 1988.
- KITAMURA, P.C.; LANZER, E.A.; ADAMS, R.I. Avaliação econômica de sistemas conservacionistas no uso dos solos agrícolas: o caso do binômio trigo-soja no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v. 20, n. 1, p.104-124,1982.
- KNOWLER, D.J. The economics of soil productivity: local, national and global perspectives. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 15, n. 6, p. 543-561, 2004.
- KRONEN, M. **A erosão do solo de 1952 a 1985 e seu controle no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1990. (Boletim Técnico, 30)
- KUHLMAN, T.; REINHARD, S.; GAAFF, A. Estimating the costs and benefits of soil conservation in Europe. **Land Use Policy**, Guildford, v. 27, n. 1, p. 22-32, 2010.
- KÜMMERER, K.; HELD, M.; PIMENTEL, D. Sustainable use of soils and time. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 65, n. 2, p. 141-149, 2010.
- LA SCALA JUNIOR, N.; DE FIGUEIREDO, E.B.; PANOSSO, A.R. A review on soil carbon accumulation due to the management change of major Brazilian agricultural activities. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p. 775-785, 2012.
- LAL, R. Degradation and resilience of soils. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 352, n. 1356, p. 997-1010, 1997.
- LAL, R. Enhancing ecosystem services with no-till 2013. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Cambridge, v. 28, n. 2, p. 102-114, 2013.

- LAL, R. Managing soils for feeding a global population of 10 billion. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London v. 86, n. 14, p. 2273-2284, 2006.
- LAL, R. Soil degradation by erosion. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 12, n. 6, p. 519-539, 2001.
- LAL, R. Soil management in the developing countries. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 165, n. 1, p. 57-72, 2000.
- LAL, R. Soil science and the carbon civilization. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 71, n. 5, p. 1425-1437, 2007
- LARSEN, H.C. Relationship of land values to warranted values, 1910-1948. **Journal of Farm Economics**, Menasha, v. 30, n. 3, p. 579-588, 1948.
- LARSON, W.E.; PIERCE, F.J.; DOWDY, R.H. The threat of soil erosion to long-term crop production. **Science**, Washington, v. 219, n. 4584, p. 458-465, 1983.
- LLOYD, T.A. Testing a present value model of agricultural land values. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, Oxford, v. 56, n. 2, p. 209-23, 1994.
- LLOYD, T.A.; RAYNER, A.J.; ORME, C.D. Present value models of land prices in England and Wales. **European Review of Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 141-66, 1991.
- LUTZ, E., PAGIOLA, S; REICH, C. The costs and benefits of soil conservation: the farmers' viewpoint. **The World Bank Research Observer**, Washington, v. 9, n. 2, p. 273-295, 1994.
- MAACK, R. As conseqüências da devastação das matas no estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 8, p. 437-457, 1953.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 4. ed. Ponta Grossa, UEPG, 2012.
- MAACK, R. Linhas fundamentais da geografia física do Paraná. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 12, p. 7-23, 1969.
- MACHADO, P.L.O.A.; SILVA, C.A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 61, n. 1-2, p. 119-130, 2001.
- MADDISON, D. A hedonic analysis of agricultural land prices in England and Wales. **European Review of Agriculture Economics**, Amsterdam, v. 27, n. 4, p. 519-532, 2000.

- MAGALHÃES FILHO, F. Evolução histórica da economia paranaense. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 28, p.31-52, 1972.
- MALTHUS, T.R. **Princípios de economia política e considerações sobre sua aplicação prática/Ensaio sobre a população**. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas)
- MANNIGEL, A.R.; CARVALHO, M.P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L.R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.
- MARQUES, J.F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 61-79, 1998.
- MARQUES, J.Q.A. Controle da erosão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 5, n. 26, p. 121-134, 1943.
- MARQUES, J.Q.A.; BERTONI, J.; BARRETO, G.B. Perdas por erosão no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. único, p. 1143-1182, 1961.
- MARSHALL, A. **Princípios de economia. Tratado introdutório, *natura non facit saltum***. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas)
- MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; ORTIZ-MONASTERIO, I. Integration of environmental, agronomic, and economic aspects of fertilizer management. **Science**, Washington, v. 280, n. 5360, p. 112-115, 1998.
- McCONNELL, K.E. An economic model of soil conservation. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 65, n. 1, p. 83-89, 1983.
- MENDES, C.T. A erosão das terras. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 11, n. 11-12, p. 499-518, 1936.
- MENDES, C.T. A erosão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 13, n. 3-4, p. 93-98, 1938.
- MENGER, C. **Princípios de economia política**. São Paulo: Abril, 1983. (Os Economistas)
- MENZEL, R.G. Soil science: the environmental challenge. **Soil Science**, Baltimore, v. 151, n. 1, p. 24-29, 1991.
- MICHELLON, E.; REYDON, B. P. As políticas públicas de controle da erosão e o mercado de terras: uma análise a partir do Paraná. In: REYDON, B. P.; CORNÉLIO; F.N.M. (Org.). **Mercado de terras no Brasil: estrutura e dinâmica**. Brasília: NEAD, 2006. p. 287-311.

- MICHELLON, E.; REYDON, B.P. O mercado de terras e o manejo do solo e da água em microbacias hidrográficas: o caso do Paraná Rural. **Acta Scientiarum: Human and Social Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 175-184, 2003.
- MILL, J.S. **Princípios de economia política com algumas de suas aplicações à filosofia social**. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas)
- MIRANOWSKI, J.A.; HAMMES, B.D. Implicit prices of soil characteristics for farmland in Iowa. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 66, n. 5, p. 745-749, 1984.
- MISHAN, E.J. The postwar literature on externalities: an interpretative essay. **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 9, n. 1, p. 1-28, 1971.
- MONTANARELLA, L. Trends in land degradation in Europe. In: SIVAKUMAR, M.V.K.; NDIANG'UI, N. (Eds.). **Climate and land degradation**. New York: Springer, 2007. p. 83-104
- MORAIS, L.F.B.; COGO, N.P. Comprimentos críticos de rampa para diferentes manejos de resíduos culturais em sistema de semeadura direta em um Argissolo Vermelho na Depressão Central-RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1041-1051, 2001.
- MOREIRA, R.J. Renda da natureza e territorialização do capital: reinterpretando a renda da terra na competição intercapitalista. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 4, p. 89-111, 1995.
- MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. 3. ed. Oxford: Blackwells, 2005.
- MOSS, C. B.; SCHMITZ, A. **Government policy and farmland market**. Ames: Iowa State Press, 2003.
- MUELLER, L.; SCHINDLER, U.; MIRSCHEL, W.; SHEPHERD, T.G.; BALL, B.C.; HELMING, K.; ROGASIK, J.; EULENSTEIN, F.; WIGGERING, H. Assessing the productivity function of soils: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 30, n. 3, p. 601-614, 2010.
- NAPIER, T.L.; NAPIER, A.S.; TUCKER, M.A. The social, economic and institutional factors affecting adoption of soil conservation practices: the Asian experience. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, n. 2-4, p. 365-382, 1991.
- NICHOLLS, W.H. A fronteira agrícola na história recente do Brasil: O estado do Paraná, 1920-65. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 33-91, 1970.

- NORDHAUS, W.D. World dynamics: measurement without data. **The Economic Journal**, Cambridge, v. 83, n. 332, p. 1156-1183, 1973.
- OLIVEIRA, J.T.; COSTA, I.D.N. Evolução recente do preço de terra no Brasil: 1966-74. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 259-276, 1977.
- OLIVEIRA, N.A.P.; FERREIRA, L.R. Determinantes do preço da terra rural no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 38., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPEC, 2010. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E.; NEARING, M.A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **CATENA**, Amsterdam, v. 100, n. 2012, p. 139-147, 2013.
- PALMQUIST, R.; DANIELSON, L.E. A hedonic study of the effects of erosion control and drainage on farmland values. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 71, n. 1, p. 55-62, 1989.
- PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 303-326, 2001.
- PEARCE, D.W. **Economic values and the natural world**. Cambridge: The MIT Press, 1993.
- PIERCE, F.J.; DOWDY, W.E.; LARSON, W.E.; GRAHAM, W.A.P. Soil productivity in the Corn Belt: An assessment of erosion's long-term effects. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 39, n. 2, p. 131-136, 1984.
- PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; McNAIR, M.; CRIST, S.; SPHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, Washington, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995.
- PIMENTEL, D.; KOUNANG, N. Ecology of soil erosion in ecosystems. **Ecosystems**, New York, v. 1, n. 5, p. 416-426, 1998.
- PINHEIRO, F.A.; REYDON, B.P. O preço da terra e a questão agrária: algumas evidências empíricas relevantes. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v.19, n.1, p. 5-15, 1981.
- PLATA, L.E.A. Dinâmica do preço da terra rural no Brasil: uma análise de co-integração. In: REYDON, B.P.; CORNÉLIO, F.N.M. (Orgs.). **Mercados de terras no Brasil: estrutura e dinâmica**. Brasília: NEAD, 2006, p. 125-154. (Nead Debate, 7)
- POPE, C.A., III; GOODWIN JR., H.L. Impacts of consumptive demand on rural land values. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 66, n. 5, p. 750-754, 1984.

- PRETTY, J. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions of Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 363, n. 2008, p. 447-465, 2008.
- PRETTY, J.; WARD, H. Social capital and the environment. **World Development**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 209-227, 2001.
- PUGLIESI, A.C.V.; MARINHO, M.A.; MARQUES, J.F.; LUCARELLI, J.R.F. Valoração econômica do efeito da erosão em sistemas de manejo do solo empregando o método custo de reposição. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1 p. 113-121, 2011.
- RANDALL, A.; CASTLE, E.N. Land resources and land markets. In: KNEESE, A.V.; SWEENEY, J.L. (Eds.). **Handbook of natural resource and energy economics**. v. II. Amsterdam: North-Holland, 1985. p. 571-620.
- RANGEL, I. **Questão agrária, industrialização e crise urbana no Brasil**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.
- RANGEL, I.M. **Questão agrária e agricultura**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979. (Encontros da Civilização Brasileira, 7)
- REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, n. 1997, p. 131-167, 1997.
- REGANOLD, J.P.; PAPENDICK, R.I.; PARR, J.F. Sustainable agriculture. **Scientific American**, New York, v. 262. n. 6, p. 112-120, 1990.
- REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W., DOUGLAS JR., C.L. & RASMUSSEN, P.E. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 50, n. 3, p. 253-261, 1995.
- REINSEL, R.D. Effect of seller financing on land prices. **Agricultural Finance Review**, v. 33, p. 32-35, 1972.
- REINSEL, R.D.; REINSEL, E.I. The economics of asset values and current income in farming. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 61, n. 5, p. 1093-1097, 1979.
- REQUIER-DESJARDINS, M.; ADHIKARI, B. & SPERLICH, S. Some notes on the economic assessment of land degradation. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 22, n. 2, p. 285-298, 2011.
- RESENDE, A. Conservação do solo, erosão e seu combate. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 5, n. 25, p. 27-45, 1943.

- REYDON, B.P. **Mercado de terras agrícolas e determinante de seus preços no Brasil**. 1992. 320 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1992.
- REYDON, B.P. **Política de crédito rural e a subordinação da agricultura ao capital, no Brasil, no período de 1970-75**. 1984. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1984.
- REYDON, B.P.; CORNÉLIO, F.N.M. (Orgs.). **Mercados de terras no Brasil: estrutura e dinâmica**. Brasília: NEAD, 2006. (Nead Debate, 7).
- REYDON, B.P.; PLATA, L.E.A. O plano real e o mercado de terras no Brasil: lições para a democratização do acesso à terra. In: REYDON, B.P.; CORNÉLIO, F.N.M. (Org.) **Mercados de terras no Brasil: estrutura e dinâmica**. Brasília: NEAD, 2006. p. 267-284. (Nead Debate, 7).
- REYDON, B.P.; ROMEIRO, A. **O Mercado de Terras**. Brasília: IPEA, 1994.
- REZENDE, G. C.. A agricultura e a reforma do crédito rural. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 185-206, 1985.
- RIBAUDO, M.O.; COLACCICCO, D.; BARBARIKA, A.; YOUNG, E. The economic efficiency of voluntary soil conservation programs. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 44, n. 1, p. 40-43, 1989.
- RICARDO, D. **Princípios de economia política e tributação**. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas)
- ROBERTSON, R.A.; COLLETTI, J.P. Off-site impacts of soil erosion on recreation: the case of Lake Red Rock Reservoir in Central Iowa. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 49, n.6, p. 576-581, 1994.
- RODRIGUES, W. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de Cerrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n.1, p. 135-153, 2005.
- ROLOFF, G. A experiência paranaense no manejo de microbacias hidrográficas. In: ALVAREZ, V.V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS, 1996. p.781-796.
- ROMEIRO, A. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

- ROMEIRO, A.R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume, FAPESP, 1998.
- RUTTAN, V.W. Productivity growth in world agriculture: sources and constraints. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 16, n. 4, p. 161-184, 2002.
- SALTER JR., L.A. The content of land economics and research methods adapted to its needs. **Journal of Farm Economics**, Menasha, v. 24, n. 1, p. 226-247, 1942.
- SALVATI, L.; ZITTI, M. Assessing the impact of ecological and economic factors on land degradation vulnerability through multiway analysis. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 357-363, 2009.
- SAMPSON, F.; KNOPF, F. Prairie conservation in North America. **BioScience**, Washington, v. 44, n. 6, p. 418-421, 1994.
- SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 5 ed. São Paulo: Edusp, 2005.
- SAUER, S.; LEITE, S.P. Expansão agrícola, preços e apropriação de terra por estrangeiros no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 50, n. 3, p. 503-524, 2012.
- SAYAD, J. Especulação em terras rurais, efeitos sobre a produção agrícola e o novo ITR. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio De Janeiro, v. 12, n. 1, p. 87-108, 1982.
- SAYAD, J. Preço da terra e mercados financeiros. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio De Janeiro, v. 7, n. 3, p. 623-662, 1977.
- SCHERTZ, D.L. The basis for soil loss tolerances. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 38, n. 1, p. 10-14, 1983.
- SCHULTZ, T.W. A framework for land economics: the long view. **Journal of Farm Economics**, Menasha, v. 33, n. 2, p. 204-215, 1951.
- SCOFIELD, W.H. Prevailing land market forces. **Journal of Farm Economics**, Menasha, v. 39, n. 5, p. 1500-1510, 1957.
- SERRA, E. Conflitos rurais no Paraná: como foi que tudo começou. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 75-89, 2010.
- SILVA, A. A.; GALON, R.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRLONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F. AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 306, p. 496-506, 2009.

- SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, n. 5, p. 1350-1358, 1999.
- SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SÁ, J.C.M.; ALBRECHT, A. Soil carbon matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effects of no-tillage. **Agronomie**, Paris, v. 22, n. 7-8, p. 755-775, 2002.
- SMITH, A. **Investigação sobre a natureza e as causas da riqueza das nações**. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas)
- SMITH, P.; GREGORY, P.J.; VAN VUUREN, D.; OBERSTEINER, M.; HAVLIK, P.; ROUNSEVELL, M.; WOODS, J.; STEHFEST, E.; BELLARBY, J. Competition for land. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 365, n. 1554, p. 2941-2957, 2010.
- SOLOW, R.M. A contribution to the theory of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 70, 65-94, 1956.
- SORRENSON, W.J.; MONTOYA, L.J. **Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. (Boletim Técnico, 21)
- SOUZA, J.A.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M.A.A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012.
- SOUZA, P.C. Conservação da terra. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 4, n. 19, p. 24-31, 1942.
- STEINER, R.; McLAUGHLIN, L.; FAETH, P.; JANKE, R. Incorporating externality costs into productivity measures: A case study using US agriculture. In: BARBETT, V.; PAYNE, R.; STEINER, R. (Eds.). **Agricultural sustainability: Economic, environmental and statistical considerations**. New York: John Wiley, 1995. p. 209-230.
- SWANSON, E.R.; MACCALLUM, D.E. Income effects of rainfall erosion control. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 24, n. 2, p. 56-59, 1969.
- SWIERENGA, R.P. Land speculation and frontier tax assessments. **Agricultural History**, Washington, v. 44, n. 3, p. 253-266, 1970.
- TAVARES FILHO J.; RINSCHADE, M. Visão dos produtores rurais, profissionais e estudantes da área agrônômica, em relação à conservação do solo e da água na região de Londrina, PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, Suplemento 1, p. 1195-1202, 2009.

- TAVARES FILHO, J. **Física e conservação do solo e água**. Londrina: Eduel, 2013.
- TAYLOR, D.B.; YOUNG, D.L. The influence of technological progress on the long run farm level economics of soil conservation. **Western Journal of Agricultural Economics**, Lincoln, v. 10, n. 1, p. 63-76, 1985.
- TEGTMEIER, E.M.; DUFFY, M.D. External costs of agricultural production in the United States. **International Journal of Agricultural Sustainability**, Abingdon, v. 2, n. 1, p. 20-40, 2004.
- TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M.F.; DECHEN, S.C.F. The costs of soil erosion. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 287-298, 2011.
- TELLES, T.S.; DECHEN, S.C.F.; GUIMARAES, M.F. Institutional landmarks in Brazilian research on soil erosion: a historical overview. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1431-1440, 2013.
- TIROLE, J. On the possibility of speculation under rational expectations. **Econometrica**, Chicago, v. 50, n. 5, p. 1163-1181, 1982
- TRAILL. B. An empirical model of the U.K. land market and the impact of price policy on land values and rents. **European Review of Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 6, n. 2, p. 209-232, 1979.
- TWEETEN, L.G.; MARTIN, J.E. A methodology for predicting U.S. farm real estate price variation. **Journal of Farm Economics**, Menasha, v. 48, n. 2, p. 378-393, 1966.
- URI, N.D. The environmental implications of soil erosion in the United States. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 66, n. 3, p. 293-312, 2001.
- van den BERGH, J.C.J.M.; BARENDREGT, A.; GILBERT, A.; van HERWIJNEN, M.; van HORSSSEN, P.; KANDELAARS, P.; LORENZ, C. Spatial economic-hydroecological modelling and evaluation of land use impacts in the Vecht wetlands area. **Environmental Modeling and Assessment**, Dordrecht, v. 6, n. 2, p. 87-100, 2001.
- VERDADE, F.C.; GROHMANN, F.; MARQUES, J.Q.A. Perdas de elementos nutritivos pela erosão: I. Nitrogênio e suas relações com as quantidades existentes no solo e na água da chuva. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n. único, p. 99-106, 1956.
- VICTOR, P.A. Indicators of sustainable development: some lessons from capital theory. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 4, n. 3, p. 191-213, 1991.

- von THÜNEN, J.H. **The isolated state in relation to agriculture and political economy: principles for the determination of rent, the most advantageous rotation period and the value of stands of varying age in pinewoods.** Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2009.
- WALKER, D.J. A damage function to evaluate erosion control economics. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 64, n. 4, p. 690-698, 1982.
- WEERSINK, A.; CLARK, S.; TURVEY, C.G.; SARKER, R. The effect of agricultural policy on farmland values. **Land Economics**, Madison, v. 75, n. 3, p. 425-439, 1999.
- WEITZELL, E.C. Evaluating soil conservation. **Journal of Farm Economics**, Menasha, v. 29, n. 2, p. 475-494, 1947.
- WHITE, H. A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrics*, Princeton, v. 48, n. 4, p. 817-838, 1980.
- WILCOX, W.W. Economic aspects of soil conservation. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 46, n. 5, p. 702-713, 1938.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington: USDA, 1978. (Agriculture Handbook, 537)
- WOOLDRIDGE, J. **Econometric analysis of cross section and panel data.** Cambridge, MA: MIT Press, 2002.
- XU, F.; PRATO, T. Onsite erosion damages in Missouri corn production. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, 50:312-316, 1995.
- ZACHAR, D. **Soil erosion.** Amsterdam: Elsevier, 1982. (Developments in Soil Science, 10)
- ZINN, Y.L.; LAL R.; RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, n. 1, p. 28-40, 2005.