



CLIMATE POLICY INITIATIVE

NÚCLEO DE AVALIAÇÃO  
DE POLÍTICAS CLIMÁTICAS  
PUC-Rio

# Técnicas Agrícolas de Alto Rendimento: Barreiras à Adoção e Soluções Potenciais

Climate Policy Initiative

Juliano Assunção  
Arthur Bragança  
Pedro Hemsley

Outubro 2013

Sumário Executivo

## Descrição

Setor	Uso da Terra, Agricultura	
Região	Brasil	
Palavras-chave	agricultura, plantio direto, aprendizagem social, heterogeneidade do solos	
Contato	Juliano Assunção	<a href="mailto:juliano@cpirio.org">juliano@cpirio.org</a>

## Sobre o Sumário Executivo

Este documento apresenta os principais resultados do artigo “Geographic Heterogeneity, Social Learning, and Technology Adoption: the Direct Planting System in Brazil”, de Assunção et al. (2013). Para uma discussão detalhada do estudo, remetemos o leitor ao artigo.

## Agradecimentos

Ana Ribeiro e Fabio Magrani foram excelentes assistentes de pesquisa. Agradecemos Clarissa Gandour, Romero Rocha, Rodrigo Soares, Dimitri Szerman e Alban Thomas por diversos comentários que ajudaram a melhorar o trabalho. Agradecemos também à EMBRAPA e ao IBGE pelo apoio metodológico. Por último, agradecemos a Manoel Henrique Pereira, presidente da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, pela recepção cortês e pela resposta atenciosa às nossas perguntas.

## Sobre o CPI

**Climate Policy Initiative** is a team of analysts and advisors that works to improve the most important energy and land use policies around the world, with a particular focus on finance. An independent organization supported in part by a grant from the Open Society Foundations, CPI works in places that provide the most potential for policy impact including Brazil, China, Europe, India, Indonesia, and the United States.

Our work helps nations grow while addressing increasingly scarce resources and climate risk. This is a complex challenge in which policy plays a crucial role.

## Sumário Executivo

O Plantio Direto (PD), um método de produção que minimiza o uso do arado, é um dos maiores avanços das últimas décadas em tecnologia agrícola. Fazendeiros que adotam o PD apresentam melhores resultados e menor custo quando comparados às técnicas tradicionais, e diminuem as emissões de gás carbônico na atmosfera – resultados que beneficiam tanto os próprios fazendeiros quanto o clima. A adoção do PD não demanda custos iniciais significativos, e a colheita é menos sujeita a variações. Todavia, os níveis de adoção continuam extremamente baixos cerca de quarenta anos após a introdução do sistema no Sul do país, em 1971: apenas 10% dos fazendeiros usavam o sistema em 2006 (taxa semelhante para fazendeiros pequenos e grandes). Diante das claras vantagens do PD para os fazendeiros, a baixa taxa de adoção sugere a existência de alguma barreira à difusão do método.

**Neste estudo, apresentamos evidência de que aprendizado social — i.e. o aprendizado de novas técnicas usadas por vizinhos e colegas — teve papel significativo na difusão do PD no Brasil. Também apresentamos evidência de que similaridades ou dissimilaridades de solos afetam o aprendizado social e, portanto, a adoção da nova tecnologia: quando um município possui solos mais homogêneos, torna-se mais fácil aprender a partir da experiência alheia. Esse efeito é particularmente relevante em áreas com níveis intermediários de adoção de PD – ou seja, quando o número de usuários de PD ainda não atingiu a maturidade, mas já é suficiente para permitir a difusão de conhecimento entre fazendeiros.**

**Por último, encontramos que outros mecanismos de difusão de DPS (como, por exemplo, treinamento formal) reforçam o mecanismo de aprendizado social – pois elevam as taxas de adoção de PD além da massa crítica necessária para aprendizado.**

Esses resultados possuem duas implicações para a política pública:

- Em primeiro lugar, para aumentar a produtividade agrícola, não basta lidar com inovação, desenvolver modelos de negócios ou subsidiar a adoção. É fundamental disseminar informação sobre o uso de novas técnicas. Nossos resultados sugerem que um processo itinerante de treinamento, movendo-se de um município para outro ao longo do tempo, pode ter impacto relevante sobre a difusão de conhecimento. De fato, um dos principais canais alternativos de difusão que mostramos ter impacto são os

centros privados de difusão organizados pela Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, com apoio de empresas e de federações locais. Esses centros, em geral, funcionam apenas temporariamente – até que a adoção do PD na região alcance uma massa crítica que permita a difusão autônoma do aprendizado. Nossa análise sugere que a política pública deveria seguir esse exemplo do setor privado para aumentar a taxa de adoção de PD a um nível a partir do qual o sistema pode se desenvolver através de aprendizado social.

- Além disso, o resultado desses esforços depende fundamentalmente da composição do solo em cada município. Quando os solos são semelhantes, aprender com os vizinhos se torna mais fácil. O aumento do nível de adoção permite alcançar um patamar mínimo a partir do qual o aprendizado social se torna viável. A implicação é clara: para alcançar a melhor relação custo-benefício, a política pública deveria levar em consideração a diversidade geográfica de cada região, e atuar inicialmente em áreas onde o aprendizado social pode se desenvolver rapidamente.

A avaliação empírica da difusão do PD é relevante para uma melhor compreensão dos mecanismos de disseminação da informação sobre novas tecnologias na agricultura brasileira, o que pode ajudar a identificar formas de aumentar a produtividade agrícola no país. A política atual se concentra em inovações; porém, para ampliar a adoção de novas tecnologias, também é importante focar na sua difusão. Essas inovações podem difundir-se através da ação de cooperativas, de programas de treinamento rural, ou de assistência técnica, entre outros.

Além disso, é necessário que a política pública identifique as restrições efetivas ao processo de difusão. O governo brasileiro lançou em 2010 o programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono) para reduzir emissões do setor agrícola. O programa oferece crédito subsidiado para adoção de PD. Todavia, crédito subsidiado não estimula essa adoção diante da presença de significativas barreiras não financeiras. O programa não deslançou, e ainda apresenta baixas taxas de uso.

Este sumário começa com uma breve descrição da metodologia empregada. Passa depois a descrever os três principais resultados do trabalho, com ênfase nas implicações para a política pública.

## Metodologia: Aprendizado Social, Tipos de Solo e Adoção de PD

O presente estudo testa a seguinte hipótese: o aprendizado social teve papel significativo na difusão do PD no Brasil. Definimos aprendizado social como o processo através do qual fazendeiros aprendem um novo método de produção com seus vizinhos ou colegas que já adotam o método em questão. Em geral, testar a presença de aprendizado social exige dados sobre relações sociais, que são de difícil obtenção – frequentemente impossível quando se trata de agricultura de larga escala<sup>1</sup>. Este trabalho propõe um método indireto para avaliar aprendizado social: estudamos o impacto de um fator inibidor de aprendizado sobre níveis de adoção. Para tantos, usamos heterogeneidade de solos como fator inibidor: PD precisa ser adaptado a condições específicas de solo (por exemplo, se a temperatura média do solo for muito alta, pode ser necessário manter uma maior cobertura vegetal sobre o solo). Desse forma, o aprendizado social deve ser mais lento em municípios com solos muito heterogêneos: torna-se mais difícil aprender a partir da experiência de fazendeiros que aplicaram PD em condições de solo diferentes.

Nosso método é baseado numa observação simples. Se aprendizado social é um canal de difusão relevante, então a diversidade de solos (o dificultador de aprendizado) e as taxas de adoção de PD devem ter uma relação específica. Esperamos que, para níveis muito baixos de adoção, diversidade de solo não tenha impacto sobre níveis de adoção: aprendizado social não pode se desenvolver se não há ninguém de quem aprender. Quando os níveis de adoção são muito altos, novamente não deveria haver impacto: o aprendizado social já é forte o suficiente para se desenvolver a despeito das características geográficas. O impacto de diversidade de solos deve ser mais relevante para níveis intermediários de adoção: aprendizado social é viável, mas é frágil. Para isolar o efeito da heterogeneidade de solos, levamos em conta vários outros fatores que afetam a adoção de uma nova tecnologia – tanto fatores geográficos (precipitação, temperatura, inclinação do terreno) quanto sócio-econômicos (educação, tamanho da fazenda, etc).

Vale ressaltar que nosso método pode ser aplicado para identificar aprendizado social em outros contextos.

<sup>1</sup> Um exemplo bem conhecido é o estudo de adoção tecnológica no cultivo de abacaxis em Gana.

Isso é particularmente relevante em estudos de larga escala, quando a coleta de informação sobre relações sociais não é viável. Além disso, e a despeito do fato de a difusão se dar ao longo do tempo, nosso método pode ser usado mesmo na ausência de séries temporais.

## Diversidade de Solos: Dados

O Brasil, o quinto maior país do mundo em território, é coberto por diversos tipos de solo. Nós usamos o mapa de solos desenvolvido pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), que classifica cada tipo de solo a partir de suas características bioquímicas – por exemplo, os níveis de determinado minério ou de matéria orgânica. Usamos esse mapa para determinar quanto de cada município é coberto por cada tipo de solo, e usamos essas proporções para construir uma medida de “concentração de solos” (ou “similaridade de solos”) em cada município (figura 1). Por exemplo, um município coberto por apenas um tipo de solo tem concentração máxima, e portanto dissimilaridade mínima.

## Resultados

### Diversidade de Solos Diminui a Adoção de PD

Nossos resultados mostram que dissimilaridade de solos está sistematicamente relacionada a uma menor adoção de PD. Esses resultados podem ser vistos nas Figuras 1 e 2. A Figura 1 mostra a distribuição de dissimilaridade no país: áreas mais escuras representam municípios com maior dissimilaridade de solos. A Figura 2 mostra os níveis de adoção de PD, novamente com destaque para a região Sul: áreas mais escuras possuem níveis de adoção mais altos. Áreas mais claras na Figura 1 estão associadas a áreas mais escuras na Figura 2. A região Sul é mostrada em destaque por possuir as maiores taxas de adoção no país.

Nossos resultados corroboram essa análise visual. Em média, os municípios brasileiros possuem 1.72 tipos de solo. Estimamos que a adoção seria 7.1% mais alta se o país tivesse apenas um tipo de solo (i.e., homogeneidade perfeita). Dessa forma, mostramos que os níveis de adoção de PD são afetados pela composição do solo.

### Impacto de Heterogeneidade de Solos é Máximo para Níveis Intermediários de Adoção

Nesta seção, estudamos o impacto de heterogeneidade para diferentes níveis de adoção.

Encontramos que heterogeneidade não tem impacto

Figura 1

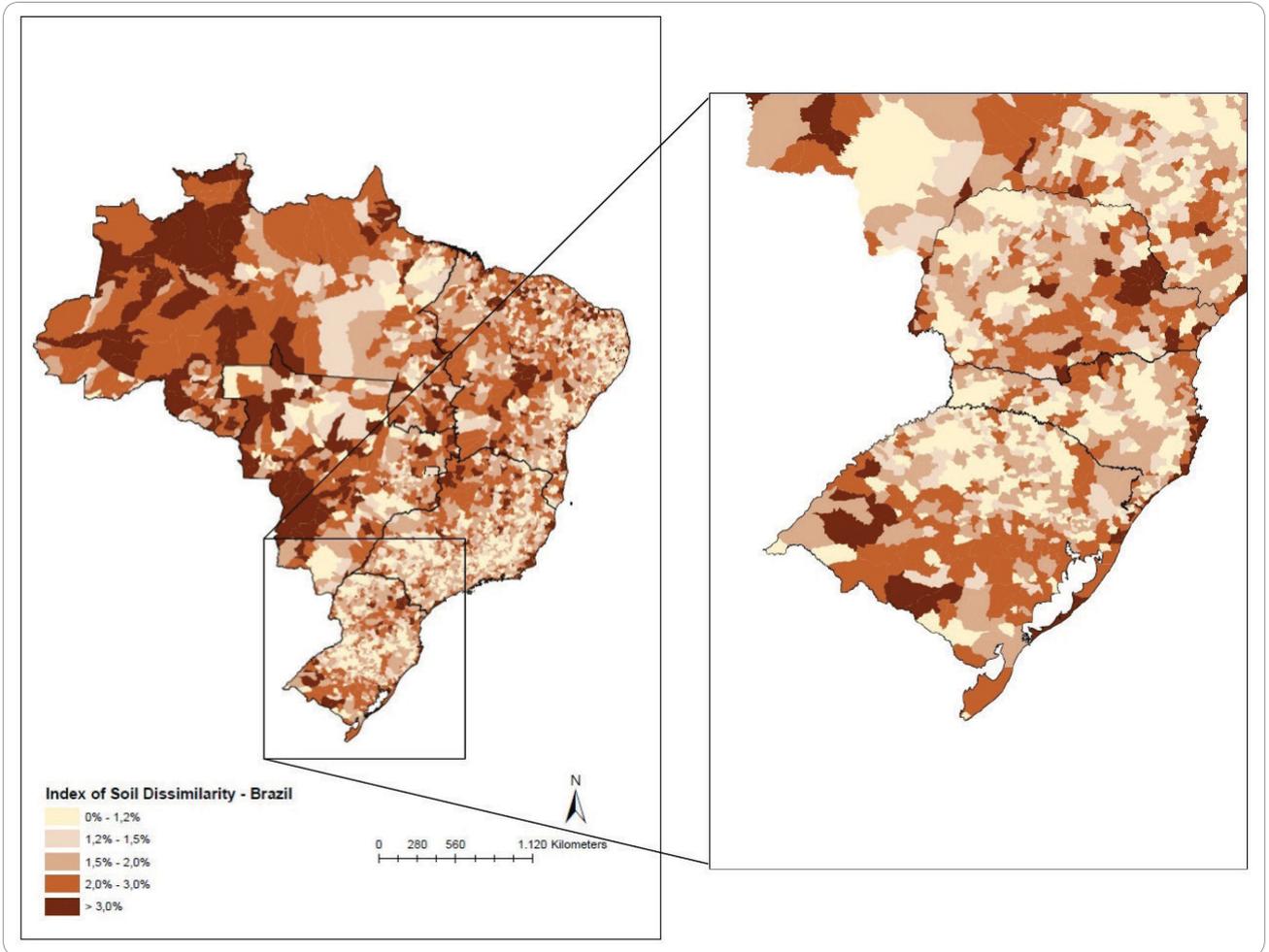
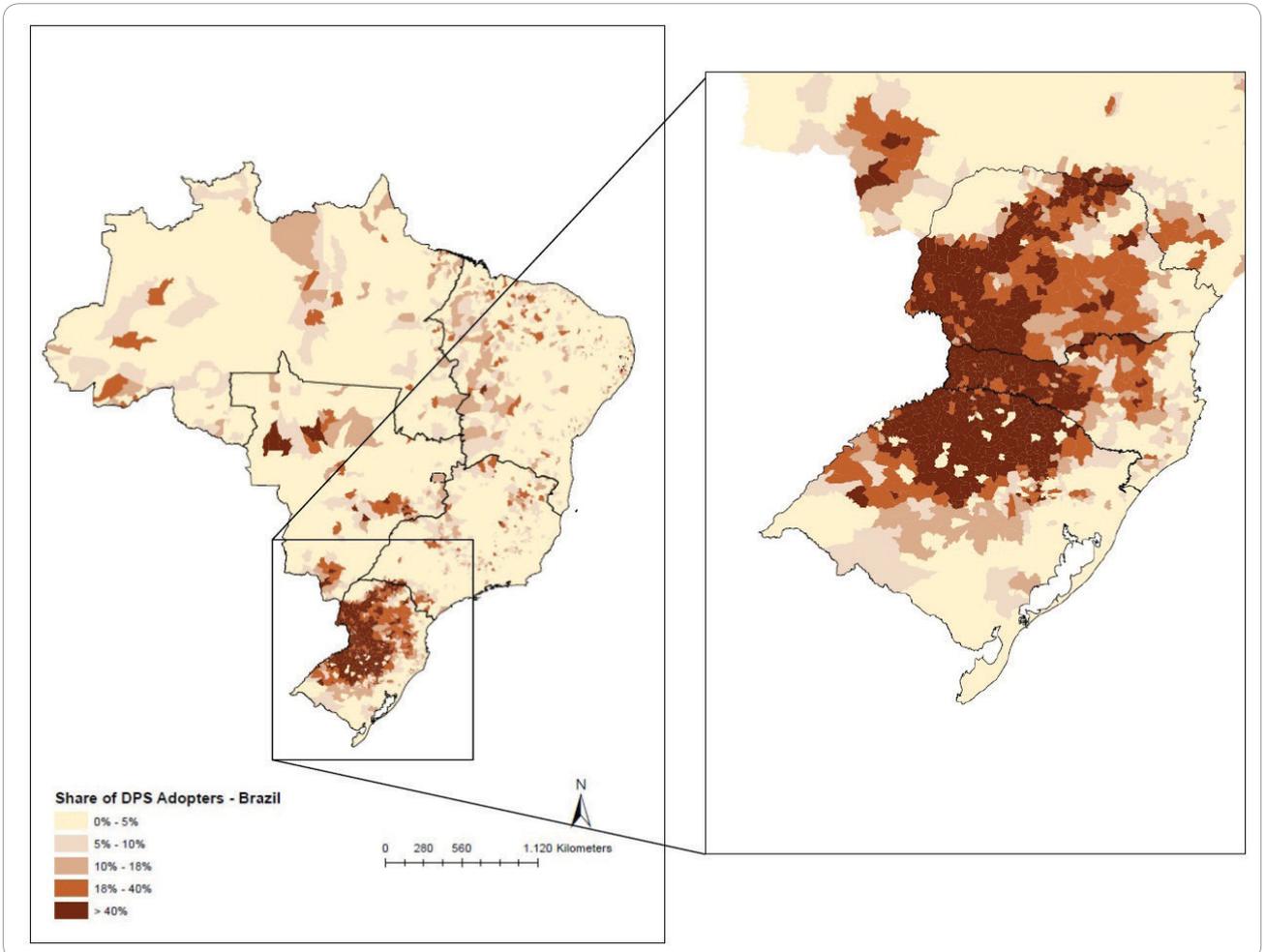


Figura 2



sobre PD para níveis muito baixos ou muito altos de adoção:

- Para níveis de adoção até 18%, não encontramos qualquer efeito, de acordo com a predição de que aprendizado social não pode se desenvolver quando o nível de adoção é tão baixo que não há ninguém de quem aprender.
- Acima de 50%, novamente não encontramos impacto: heterogeneidade não é uma barreira se há uma massa crítica suficientemente grande de usuários de PD.

Para taxas de adoção intermediárias (entre 18% e 50%), porém, heterogeneidade tem impacto relevante: um aumento de um desvio-padrão de heterogeneidade diminui a taxa de adoção em mais de 2%. O efeito é máximo para uma taxa de adoção próxima de 40%: nesse caso, o mesmo aumento em heterogeneidade reduz a taxa de adoção em 5.8%.

Esses resultados são resumidos na figura 3. O eixo horizontal representa a taxa de adoção de PD, e o eixo vertical mostra o impacto de heterogeneidade de solos sobre adoção de PD. A curva em U mostra que o impacto é máximo para níveis intermediários de adoção.

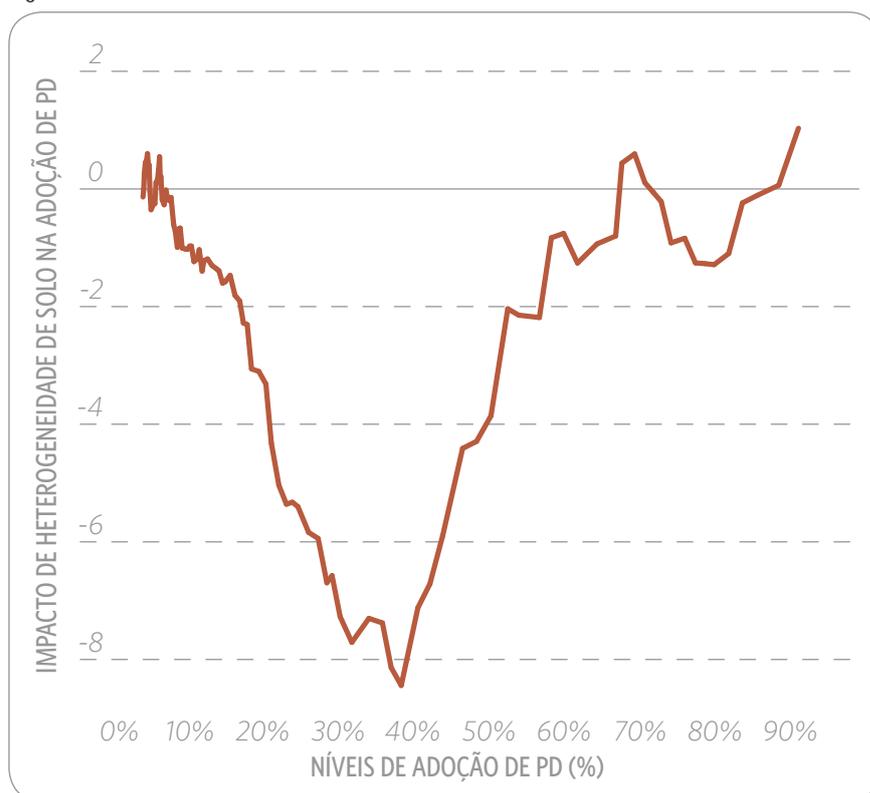
Esses resultados possuem duas interpretações. Primeiro, aprendizado social é um canal significativo para a difusão de PD no Brasil. Segundo, heterogeneidade de solos tem um impacto restritivo significativo sobre aprendizado social – e, portanto, sobre adoção de PD.

**Tomados conjuntamente, nossos dois primeiros resultados têm uma implicação clara para a política pública: o investimento em treinamento e qualificação deve levar em consideração tanto heterogeneidade de solos quanto os níveis atuais de adoção. Dado um orçamento, a política deve se concentrar em regiões com baixa heterogeneidade e baixos níveis de adoção – e deveria elevar esses níveis até uma região intermediária, quando aprendizado social pode se desenvolver mais facilmente. Na figura 4, identificamos 606 municípios com atividade agrícola relevante em que essas duas condições são observadas.**

## O Efeito de Canais Alternativos de Difusão

A princípio, canais alternativos de difusão tecnológica

Figura 3



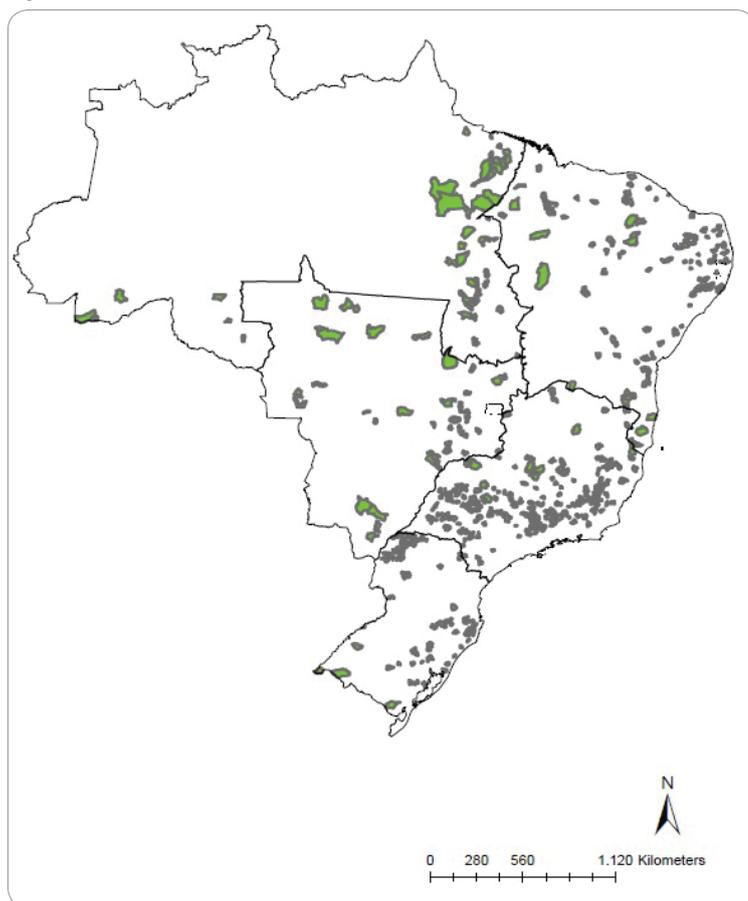
(como a presença de cooperativas ou de centros de difusão de PD) podem tanto *substituir* quanto *complementar* o aprendizado social. No primeiro caso, a presença de canais alternativos torna desnecessário recorrer a vizinhos e colegas para aprender uma nova técnica.<sup>2</sup> No segundo caso, quando as taxas de adoção são muito baixas e não permitem que o aprendizado social se desenvolva, o uso de canais alternativos pode aumentar a adoção para níveis em que o aprendizado social se torna viável.

Análises sobre a relação entre canais geralmente são feitas apenas para experimentos em pequena escala. Nós revisitamos essa questão empiricamente em nosso contexto de larga escala. Nossos resultados sugerem que, no caso do PD no Brasil, aprendizado social e canais alternativos são, na verdade, complementares: os canais alternativos aumentam a taxa de adoção para níveis onde o aprendizado social se torna viável. Em municípios com muitas cooperativas ou próximos a centros de difusão, o efeito de dissimilaridade de solos é três vezes maior do que a média. Além disso, o impacto direto desses canais também é positivo. Cooperativas aumentam os níveis de adoção em 18.6%. Municípios próximos a centros de difusão têm taxas de adoção 8.6% acima de outros municípios.

Um exemplo particularmente relevante vem da região

<sup>2</sup> Mais uma vez, isso é ilustrado pelo estudo sobre adoção de tecnologia na produção de abacaxis em Gana.

Figura 4



Sul do país, onde fazendeiros que adotavam o PD criaram um centro de difusão privado chamado “Clube da Minhoca” (“CM”),<sup>3</sup> em 1979. O CM é uma associação que busca disseminar o uso de PD ao adaptá-lo a diferentes condições ambientais e ao promover encontros de fazendeiros que adotam o sistema com aqueles que não adotam. A partir de 1982, instituições modeladas à imagem do CM começaram a ser criadas pelo país: os Clubes Amigos da Terra (CATs). Na maioria dos casos, essas filiais foram estabelecidas apenas temporariamente para introduzir o PD em uma nova localidade. Após o sistema atingir determinado nível na localidade, a filial podia encerrar as atividades, e uma nova filial era aberta em outro município. Esse processo ainda é operacional e é um dos principais fatores da expansão do PD no Brasil.

**Esses resultados sugerem outro conjunto de políticas. Em primeiro lugar, o investimento público em treinamento pode fortalecer o aprendizado social. Nossos resultados indicam que o aprendizado social é um canal importante na disseminação de novos métodos e tecnologias agrícolas. Consequentemente,**

**a disseminação é mais rápida quando o aprendizado é mais fácil. Há diversas ferramentas de política que podem auxiliar a atingir esse objetivo: educação melhor; canais alternativos de disseminação; colaboração entre fazendeiros e centros de pesquisa; e o papel de associações de fazendeiros na disseminação de conhecimento.**

**Mais especificamente, nossos resultados destacam que uma fase inicial de disseminação de novas técnicas é a mais importante – especialmente quando as diferenças ambientais são pequenas. Depois dela, o aprendizado social se desenvolve naturalmente. Portanto, a política pública precisa apenas estabelecer centros temporários de treinamento, que podem se mover para regiões diferentes após as taxas de adoção tecnológica superarem determinados níveis – que dependem das condições ambientais.**

## Conclusão

Apresentamos evidência de que características geográficas (heterogeneidade de solos) afetam a adoção de uma nova tecnologia (o Plantio Direto) no Brasil. Além disso, esse impacto é consistente com a hipótese de que aprendizado social é um canal relevante para a difusão de novas tecnologias. A política pública deveria levar em consideração condições geográficas ao desenvolver instrumentos para promover a adoção de novas tecnologias, e deveria oferecer treinamento e outras possibilidades de aprendizado para reforçar o canal de aprendizado social.

## Bibliografia (referente apenas ao Sumário Executivo)

1. O Novo Mapa de Solos do Brasil. EMBRAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2011.
2. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. EMBRAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2006.
3. Learning about a new technology: pineapple in Ghana. Conley and Udry. American Economic Review, 2010.3. Learning about a new technology: pineapple in Ghana. Conley and Udry. American Economic Review, 2010.

3 A presença de minhocas é um sinal de vitalidade do solo, que é fortalecida pelo PD.