



IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DO PLANTIO DIRETO SOBRE AS RECEITAS LÍQUIDAS DE ORIGEM AGRÍCOLA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Victor Gaston Nogueira
DER/UFV

victor.gaston@ufv.br

Marcelo José Braga
DER/UFV

mjbraga@ufv.br

Gilson José Dutra
DER/UFV

gilson.dutra@ufv.br

Resumo: O preparo do solo é uma parte essencial do processo produtivo da agricultura. Os produtores reconhecem a necessidade dessa etapa para que se aumente as chances de sucesso da plantação. O manejo do solo é uma prática bastante comum, envolvendo a aração e a gradagem da terra afim de facilitar a emergência das sementes, ao descompactar a terra dando espaço para as raízes se desenvolverem. O sistema do plantio direto na palha é uma forma diferenciada de se preparar o solo com o objetivo de minimizar o impacto ambiental do processo de produção agrícola. O plantio direto pode provocar uma maior retenção de água no solo por facilitar a sua infiltração, reduzindo assim a erosão e perda de nutrientes. Também reduz a possibilidade de assoreamento de rios, mantém a matéria orgânica no solo por um tempo maior, o que por si só promove uma menor compactação do solo. Apesar de inúmeras vantagens, tal prática ainda não é tão difundida no Brasil, o que faz levantar questionamentos acerca dos motivos. Uma possível explicação seria que o plantio direto provocaria custos adicionais e isso diminuiria a receita líquida dos agricultores. Para testar essa hipótese o presente trabalho aplica o modelo de Efeito de Tratamento com a técnica Pareamento por Escore de Propensão para comparar as receitas dos municípios do Brasil, usando dados do Censo Agropecuário de 2006.

Palavras-Chave: Efeito de Tratamento, Agricultura Sustentável, Plantio Direto, Pareamento por Escore de Propensão, Censo Agropecuário.

Abstract: Soil preparation is an essential part of the agricultural production process. Producers recognize the necessity for this step to increase the chances of success of the plantation. Soil management is a very common practice, involving the plowing and harrowing of the soil in order to facilitate the seeds to emerge, by breaking up and smoothing out the surface of the soil, making room for the development of roots. The no-till system is a differentiated way of preparing the soil with the objective of minimizing the environmental impact of the agricultural production process. No-till can cause increased water retention in the soil by facilitating its infiltration, thereby reducing erosion and nutrient loss. It also reduces the possibility of silting rivers, keeps the organic matter in the soil for a longer period, which in itself promotes less soil compaction. Despite having many advantages, such practice is still not widespread in Brazil,

which raises questions about the reasons. One possible explanation would be that no-till would cause additional costs, and this would reduce farmers' net revenue. In order to test this hypothesis this study applies the model of Effect of Treatment with the technique of Propensity Score Matching to evaluate the net revenues of Brazilian municipalities, using data from the Census of Agriculture 2006.

Keywords: Treatment effect, Sustainable Agriculture, No-till farming, Propensity Score Matching, Census of Agriculture.

Código JEL: C21; Q24; Q56.

Introdução: Para o Brasil a agricultura e a pecuária sempre foram de central importância. Isso pode ser verificado quando se revisita o passado para analisar o seu processo de colonização e também quando se observa a sua contribuição para o PIB nacional: de 1990 a 2004 a taxa de crescimento do PIB agropecuário foi acima do PIB total. (GASQUES et al., 2004).

Isso se deu por mudanças ocorridas desde a década de 1970, onde com a intensificação do uso de maquinário agrícola mais moderno, com o aumento da profissionalização da mão de obra, com a aplicação de novas técnicas para tornar novas culturas adequadas ao clima e ao solo, com melhores fertilizantes e defensivos agrícolas, com incentivo à pesquisa e também com os incentivos governamentais com planejamento econômico, se alcançou um nível inédito de competitividade para o setor agropecuário (SOUZA, 2010).

O Brasil saiu de condição de economia primário-exportadora para um País em desenvolvimento com um mercado interno robusto e industrializado, mas sem deixar a ligação com a agricultura e com a pecuária, para fornecimento de alimentos e de matéria prima. Sem mencionar seu papel na geração de emprego e renda, na balança comercial e na estabilidade dos preços na economia. (BARROS, 2006).

Com dados coletados do Censo Agropecuário 2006 através do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, buscou-se verificar se a adoção de práticas sustentáveis no processo produtivo do setor agropecuário possui impactos sobre a lucratividade de seus agentes e se isso poderia justificar a não adoção em maior escala dessas práticas, especialmente se for considerado o presente cenário de vindouras mudanças climáticas.

Quando se aborda a questão da sustentabilidade é preciso levar em conta não somente o plano econômico, mas também os aspectos sociais e ambientais de forma integrada (KESSLER et al., 2014). Inicialmente, as atividades ambientais proporcionariam a adequação do processo produtivo à legislação ambiental. Em seguida as organizações percebem oportunidades através de projetos que possam agregar valor aos resíduos, que por sua vez pode levar a redução dos custos, aumento das receitas e ainda um ganho na imagem das organizações (BERRY E RONDINELLI, 1998).

Considerando que resíduo é toda e qualquer sobra resultante dos processos produtivos industriais e pode ser classificado em categorias de acordo com sua periculosidade (LIMA, 1995). Essa definição também é aplicável no meio rural quando se busca um desenvolvimento sustentável: “Este ocorre no momento em que se proporciona o bem-estar das atuais sociedades, prezando pelo equilíbrio dos recursos e visando qualidade para as sociedades futuras.” (KESSLER et al., 2014).

Considerando a sua importância tanto regional quanto nacional e também o seu nível de renda é de se esperar que produtores dessa região tomem o protagonismo na adoção de práticas e técnicas mais avançadas, já que, a priori, eles possuem mais possibilidade para fazer essa



transição. Com a crescente preocupação com a sustentabilidade no processo produtivo, a sociedade vem cada vez mais exercendo pressão e cobrando produtos que estejam adequados a essa nova demanda. Mas geralmente a resposta dada é que as práticas de conservação vão ou aumentar os custos e/ou diminuir a produtividade da propriedade (NOWAK, 1987).

O debate sobre o impacto sobre a lucratividade do produtor ao escolher adotar essas práticas de conservação existe há décadas. Existem trabalhos que argumentam que existe uma dicotomia entre as práticas de conservação, as considerando não lucrativas, e as chamadas “comerciais”, que são lucrativas por definição (PAMPEL e VAN ES, 1977). A primeira seria estimulada por fatores de difusão de tecnologia e a segunda por fatores econômicos. Por serem pertencentes a classes distintas, o processo de decisão consideraria aspectos diversos acerca de sua adoção e, como as técnicas de preservação da agricultura sustentável estariam na classe não lucrativa, um agente maximizador de lucro racional não as incorporaria (NOWAK, 1987).

O presente trabalho segue nessa linha visando gerar uma contribuição ao testar essa hipótese e verificar se há impacto negativo sobre o lucro ao se incorporar tais técnicas no processo produtivo. Se não houver, essa dicotomia é falsa e não seria essa a justificativa para um maior número de produtores não adotarem tais práticas, gerando a necessidade de maior investigação para descobrir quais seriam os outros motivos.

Após essa introdução, a metodologia é apresentada na seção dois após uma breve revisão do Modelo de Efeito de Tratamento com a técnica de Pareamento por Escore de Propensão – PSM (*Propensity Score Matching*). Este foi escolhido visando justamente categorizar os municípios com características da forma mais próxima o suficiente visando isolar o efeito da decisão por utilizar a técnica de plantio direto no preparo do solo para o plantio. Também nessa seção se faz uma breve exposição das variáveis de controle escolhidas para se aplicar esse modelo. Na seção 3 é descrito como foi realizado o procedimento e explicitados os resultados.

Métodos: Uma das definições mais comuns de desenvolvimento sustentável é a seguinte: “aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (TINOCO E KRAEMER, 2004). Para se atingir esse fim é preciso que as práticas sejam inter-relacionadas, observando o todo, prestando atenção para as repercussões de cada iniciativa sobre as outras áreas. Os recursos naturais exauríveis, por exemplo, precisam ter um consumo consciente se a sua disponibilidade para gerações futuras é um objetivo que se almeja.

Para a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), o conceito de agricultura sustentável se constitui no: “manejo e a conservação da base de recursos naturais, e a orientação da mudança tecnológica e institucional, de maneira a assegurar a obtenção e a satisfação contínua das necessidades humanas para as gerações presentes e futuras. Tal desenvolvimento sustentável (na agricultura, na exploração florestal, na pesca) resulta na conservação do solo, da água e dos recursos genéticos animais e vegetais, além de não degradar o ambiente, ser tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável”. (FAO, 1992 apud VEIGA, 1994, p. 22).

A ideia de sustentabilidade tem “forte conteúdo ambiental e um apelo claro à preservação e à recuperação dos ecossistemas e dos recursos naturais” (BUAINAIN, 2006), isso porque ações que denigrem o ambiente tem o potencial de impactar de forma, geralmente negativamente, de forma direta ou indireta, outros componentes da sustentabilidade. O horizonte temporal deve ser o longo prazo quando se considera a existência de recursos naturais para produção futura que não comprometa a produtividade agrícola. Necessita-se atentar também para a minimização dos impactos adversos ao ambiente, a obtenção de retornos adequados aos produtores e a intensificação da produção, mediante otimização da produção com a menor quantidade de

insumos potencialmente danosos, além disso, também para satisfação das necessidades humanas de alimentos e rendas, atendendo as necessidades sociais das famílias e comunidades rurais (EHLERS, 1994).

O elemento econômico pode ser definido como o conjunto de atividades produtivas que são rentáveis ao longo do tempo com o objetivo de promover qualidade de vida. O fator social existe quando ocorre um desenvolvimento compatível das atividades com os valores culturais e expectativas geradas pelos integrantes das sociedades humanas. (PETTER, 2002). Esses elementos precisam estar em convergência com o elemento ambiental para haver de fato desenvolvimento sustentável. É importante atentar para taxa de utilização dos recursos naturais e buscar não consumir acima da capacidade regenerativa daqueles que forem exauríveis. As atividades rurais precisam ser desenvolvidas de forma socialmente justa, ecologicamente correta e, ao mesmo tempo, economicamente viáveis.

O objetivo desse artigo é verificar se a utilização de práticas sustentáveis no processo produtivo da agricultura (nesse caso específico a técnica do plantio direto) exerce um impacto negativo sobre as receitas líquidas dos produtores. Para que essa meta seja atingida é necessário que se utilize uma variável binária que separe os produtores entre aqueles que adotam tais práticas e aqueles que não adotam e calcular o efeito causal sobre os valores adotados pela variável de interesse, nesse caso a lucratividade. Para se criar essa variável binária, calculou-se a porcentagem de quantos produtores reportaram estarem usando essa técnica para cada município. Depois tirou-se uma média dos municípios na região. Aqueles que estiveram acima da média adquiriram o valor igual a 1 e, caso contrário, valor igual a 0.

Isso poderia ser obtido através de uma comparação dos retornos entre os dois grupos similares, afim de isolar o efeito causado pela decisão tomada, mas somente se os grupos fossem montados aleatoriamente a partir de uma amostra dos produtores que podem adotar essas técnicas. Mas tal decisão por parte dos agentes não é aleatória e sim conscientemente visando otimização, considerando diversos fatores e circunstâncias que ele está inserido, como o clima, características do terreno, nível de qualificação dos trabalhadores e de renda, etc.

A mera comparação os resultados dos municípios que mais tiverem produtores que utilizam essas práticas com aqueles que tiveram menos produtores, pode provocar viés nas estimações. Se aqueles mais propensos a aplicar práticas sustentáveis no cultivo forem aqueles que, por exemplo, têm mais conhecimento técnico ou acesso a mão de obra mais qualificada ou maior possibilidade de realizar investimentos, então eles provavelmente já teriam um desempenho agrícola acima da média dos produtores estudados, mesmo sem considerar as práticas em si. Esse problema pode causar auto-seleção e isso leva a superestimação dos resultados desse grupo em comparação com o outro (BRYSON et. al 2002). Outra dificuldade é a falta de contrafactual para cada observação. Ou seja, não dá para comparar, para cada um dos casos, o resultado obtido com aquele encontrado caso ele mesmo tomasse a decisão contrária. Esse problema é conhecido como “dados faltantes” (*missing data*).

Considerando a existência tanto da auto-seleção quanto dos dados faltantes, se aconselha o modelo de Efeito de Tratamento, que utiliza a técnica conhecida como Pareamento por Escore de Propensão – PSM (*Propensity Score Matching*). Essa técnica incorpora a existência de auto-seleção e estima o contrafactual, possibilitando assim a estimação do impacto sobre a lucratividade dos produtores agrícolas da decisão da utilização de técnicas de práticas sustentáveis no processo produtivo.

O modelo de Efeito de Tratamento pode ser utilizado de diferentes formas para se alcançar as respostas para diferentes questões. O Efeito do Tratamento Médio (ETM) mede o impacto da decisão de um agente escolhido aleatoriamente entre todos os outros. E o Efeito do Tratamento

Médio sobre o Tratado (ETM_1) avalia o impacto que a adoção das práticas sobre os produtores que realmente as aplicaram. Esses dois visam analisar o efeito do tratamento (a adoção de práticas sustentáveis) sobre a variável dependente (lucro dos produtores). Um ponto importante é preciso levar em consideração: aqueles que voluntariamente adotam tais práticas são diferentes da maior parte da população elegível em termos de ganhos pela participação, já que os produtores analisaram os prós e contras antes de efetivamente decidirem. Assim é razoável concluir que as estimações desse impacto não são significativas para participantes não elegíveis (BRYSON et al., 2002).

O Efeito de Tratamento Médio e o Efeito do Tratamento Médio sobre o Tratado são definidos como:

$$ETM \equiv E(y_{1i} - y_{0i}) \quad (1)$$

$$ETM_1 \equiv E(y_{1i} - y_{0i} | D = 1) \quad (2)$$

Sendo y_{1i} o resultado esperado do lucro cada produtor que use o plantio direto e y_{0i} para cada produtor que não use. $E(y_{1i} - y_{0i})$ seria a expectativa do efeito do tratamento, que leva em consideração a diferença entre os resultados esperados do lucro para os dois casos. Quando D é uma variável binária que adota o valor 1 para quando o produtor adota as práticas e 0, caso contrário (ROSENBAUM; RUBIN, 1983; CAMERON; TRIVEDI, 2005).

Ao se estimar ETM e ETM_1 utilizando dados de seção cruzada, não é possível observar o y_{0i} para o produtor sustentável e nem y_{1i} para o não sustentável e por isso se inviabiliza a observação dos dois status para a mesma observação. A partir de (1) e (2) temos:

$$y = (1 - D)y_{0i} + Dy_{1i} = y_{0i} + D(y_{1i} - y_{0i}) \quad (3)$$

Onde D precisa ser estatisticamente independente de y_{0i} e y_{1i} , ou seja, que a adoção das práticas é aleatória entre os agentes para que se continue com a estimação. Se D for independente então ETM e ETM_1 serão iguais, o que viabiliza a estimação de ambos da mesma forma.

Seguindo da equação (3):

$$E(y|D = 1) = E(y_{1i}|D = 1) = E(y_{1i}) \quad (4)$$

$$E(y|D = 0) = E(y_{0i}|D = 0) = E(y_{0i}) \quad (5)$$

Então:

$$ETM = ETM_1 = E(y|D = 1) - E(y|D = 0) \quad (6)$$

O estimador da diferença será não viesado, consistente e assintoticamente normal se o tratamento for aleatório. A questão é que, como mencionado antes, a decisão da adoção não é aleatória, já que ele só irá utilizar essas práticas se o lucro adotando for maior do que quando não adota, o produtor visa maximizar seu lucro e suas escolhas serão influenciadas por esse fato. É plausível considerar que todos os produtores são potenciais utilizadores de práticas sustentáveis, mas talvez não o fazem por causa de não haver suficientes incentivos por parte do mercado. Como ele possui essa escolha, verifica-se a existência de auto-seleção.

No que tange o problema da auto-seleção, um dos pressupostos do modelo de Efeito de Tratamento é a possibilidade de se controlar as divergências nas características observáveis

entre os tratados e não tratados, ou seja, o resultado encontrado sem o tratamento seria o mesmo para os dois grupos. Um contrafactual pode ser obtido graças a essa hipótese de identificação, conhecida como Pressuposição de Independência Condicional (ROSENBAUM e RUBIN, 1983), e assim as diferenças que existem entre os dois grupos de produtores será atribuído ao efeito do tratamento.

Partido da Pressuposição de Independência Condicional, é possível calcular o efeito médio do tratamento como a diferença nos resultados entre tratados e não tratados. É necessário que, para servir de controle, se selecione grupos que possuam características semelhantes entre si para que o contrafactual seja encontrado e que ele permita a identificação do que teria acontecido com o grupo tratado na ausência do próprio tratamento (CAMERON e TRIVEDI, 2005).

O PSM pode ser utilizado na obtenção do contrafactual se utilizá-lo para analisar os efeitos de tratamento como método de redução de viés nos estudos com dados observacionais (ROSENBAUM e RUBIN, 1983). O paramento deve ser empregado quando a participação no tratamento não é definida aleatoriamente mas depende estocasticamente de um vetor de variáveis observáveis. O escore de propensão é definido como a probabilidade condicional de receber o tratamento dadas as características pré-estabelecidas:

$$p(W) \equiv Pr(D = 1|W) = E(D|W) \quad (7)$$

D é uma variável *dummy* que indica a utilização das práticas e W o vetor multidimensional de características antes do tratamento, como fatores demográficos, socioeconômicos e estruturais que influenciam a decisão final. Se o escore de propensão, $p(W_i)$, é conhecido, então o ETM_1 pode ser estimado para cada produtor i da seguinte maneira:

$$ETM_1 = \{y_{1i} - y_{0i} | D_i = 1\} = E[E\{y_{1i} - y_{0i} | D_i = 1, p(W_i)\}] = E[E\{y_{1i} | D_i = 1, p(W_i)\} - E\{y_{0i} | D_i = 0, p(W_i)\} | D_i = 1] \quad (8)$$

Para encontrar a equação (8) a partir da (7) é necessária a suposição que $p(W_i)$ é uma função de variáveis observadas W_i , uma que tenha uma distribuição condicional de W_i , dado $p(W_i)$, que seja a mesma para os dois grupos, o tratado e o não tratado. E também que a Pressuposição de Independência Condicional seja válida, ou seja, que a diferença entre os dois grupos para um dado escore de propensão gerará estimativas não viesadas para o efeito de tratamento (ROSENBAUM e RUBIN, 1983).

A estimação do escore de propensão pode ser utilizado para qualquer modelo de probabilidade como, por exemplo: $Pr(D_i = 1|W_i) = F\{h(W_i)\}$, (BECKER E ICHINIO, 2002). Aqui foi utilizado o modelo probit com $F(\cdot)$ sendo a distribuição normal. Podemos montar a seguinte equação do probit que a decisão ou não de utilizar as práticas de produção agrícola sustentável:

$$Y_i^* = \alpha'W_i + \mu \quad (9)$$

em que Y_i^* representa a decisão de se adotar as práticas ou não; W_i é o vetor de variáveis independentes associadas à decisão; e μ é o termo de erro, $[\mu \sim N(0,1)]$. A variável Y_i , adotará os seguintes valores:

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{se } \Pi^S > \Pi^{NS} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (10)$$

Realiza-se o teste de Wald para analisar se as variáveis presentes no vetor W_i contribuem para a decisão dos produtores. Então, a probabilidade de se produzir de forma sustentável, levando em consideração as variáveis em W_i , é:

$$p(Y_{1i} = 1|W_i) = G(\alpha_0 + \alpha_1 W_{1i} + \dots + \alpha_k W_{ki}) \quad (11)$$

Onde G é a função de distribuição normal padrão acumulada que é expressa como:

$$G(z) = \Phi(z) = \int_{-\infty}^z \phi(z) dz \quad (12)$$

Com $\phi(z)$ sendo a densidade normal padrão, $\phi(z) = (2\pi)^{-0,5} \exp(-z^2/2)$.

Os possíveis valores que $p(Y_i = 1|W_i)$ pode adotar então estritamente compreendidos entre 0 e 1 para todos os valores dos parâmetros α e variáveis independentes W_i , o que a escolha de G garante. Ao admitir que μ tenha distribuição normal padrão, verifica-se que o erro terá distribuição simétrica ao redor de zero, ou seja $1 - G(-z) = G(z)$ para todos os números z reais.

Essas probabilidades estimadas vão ser utilizadas para se obter os contrafactuais necessários para se realizar a comparação entre os dois grupos, cada observação possuindo um par dentro do outro grupo. Mas antes de se realizar o pareamento, é preciso que qualquer combinação de características presentes no grupo de tratados será também encontrada entre os pertencentes ao grupo de controle. Isso é propiciado pela Pressuposição de Independência Condicional e quer dizer que a estimação do efeito de tratamento só pode ser feita numa região de “suporte comum”. Esse suporte comum é necessário para que na eventualidade de um indivíduo tratado não possuir um par não tratado com características semelhantes (quando $p(W_i)$ tem um valor similar ao do tratado) ele seja excluído da amostra (BRYSON et al., 2002).

Depois de se estabelecer a região de suporte comum, se constrói, a partir dos indivíduos não tratados, um grupo de comparação. Os métodos mais utilizados para isso são o pareamento por estratificação, o pareamento pelo vizinho mais próximo, o *radius matching* e o *kernel matching*. O método de estratificação divide os valores do escore de propensão em intervalos onde os integrantes do grupo tratado e os do não tratado tenham em média o mesmo escore de propensão. A diferença entre os resultados médios entre os dois grupos é computada dentro de cada intervalo. Se mensura o efeito de tratamento como uma média da diferença entre os tratados e os não tratados de cada bloco, usando a distribuição de cada um dos pertencentes de cada intervalo como pesos. Só que esse método não considera as observações que ocorrem nos estratos onde não tenham unidades de tratamento ou de controle. Para resolver esse problema criou-se o método do pareamento pelo vizinho mais próximo. Esse método consiste em buscar uma unidade de controle que tenha o valor mais próximo do escore de propensão da unidade de tratamento que esteja sem par. Isso possibilita que uma unidade de controle seja o melhor par para mais de um tratado e assim não sobre nenhum tratado sem par, assim o efeito de tratamento é calculado pela média da diferença entre cada um desses pares, como no método anterior (BECKER e ICHINO, 2002).

Já o *radius matching* define que unidades de tratamento só serão comparadas com unidades de controle se os seus escores de propensão estiverem dentro de uma região previamente estabelecida, tomando como base justamente o escore do tratado e questão. Se o “raio” dessa área for muito pequeno é possível que algumas unidades não possuam pares no grupo de controle, mas também não pode ser muito grande pois a medida que se aumenta o raio, menor será a qualidade e a precisão do pareamento (BECKER e ICHINO, 2002). O *kernel matching*

por fim, tem o diferencial de que todos os indivíduos do grupo de tratamento são comparados com a média ponderada de todos os controles, com pesos que inversamente proporcionais à distância entre os escores de propensão dos tratados e dos controles. Esse método serve para ponderar a contribuição de cada um dos membros do grupo de comparação, mas dando um peso maior para aqueles que tiverem um pareamento mais preciso enquanto que aqueles com pareamento ruim podem vir até a ser negligenciados (BRYSON et al., 2002; BECKER e ICHINO, 2002).

A medida que se aumenta assintoticamente o tamanho da amostra, todos esses métodos devem encontrar o mesmo resultado, já que assim se aumenta a probabilidade de se encontrar pares exatos (SMITH, 2000). Cada modelo tem suas vantagens e desvantagens no que tange quantidade e qualidade dos pareamentos, no entanto o *kernel matching* é o que supostamente apresenta a menor disparidade entre esses quesitos e por essa razão foi o escolhido para ser aplicado nesse trabalho.

Os dados foram extraídos do Censo Agropecuário através do SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), tanto para os valores das receitas e despesas de cada município quanto para outras variáveis socioeconômicas que podem estar associadas com a decisão de adotar a técnica de plantio direto na palha. Essas variáveis foram escolhidas de acordo com sua relação com a renda gerada no município através da produção agropecuária, com o recebimento de assistência técnica, com o nível educacional dos produtores e com a sua condição em relação à terra. Essas variáveis podem, por exemplo, sinalizar que o motivo que fez o produtor não utilizar o plantio direto é devido à falta de recursos ou de conhecimento técnico (CUNHA, 2011).

A variável binária foi construída ao se calcular a proporção de produtores que utilizam o plantio direto em relação ao número total de produtores para cada um dos municípios. Em seguida calculou-se a média dessas proporções. A *dummy* terá valor igual a 1 (um) se o município possuir uma proporção de utilizadores do plantio direto acima dessa média e terá valor 0 (zero) caso contrário. A variável de interesse, que é as receitas líquidas foi encontrada a partir do valor das receitas obtidas e das despesas realizadas no ano do Censo.

As variáveis de controle escolhidas são relacionadas ao nível de instrução, classe de idade, condição do produtor em relação a terra e se recebeu algum tipo de orientação técnica ou não. No quesito idade foram separados, conforme as informações fornecidas pelo próprio Censo, em duas classes: de 25 anos até menos de 35 e de 35 anos até menos de 45 anos. Isso foi feito buscando verificar se produtores mais novos estariam mais ou menos propensos a utilizarem meios de produção mais sustentáveis do que os mais velhos. Os níveis de instrução foram averiguados tendo em mente que pessoas que tiveram formação técnica e superior em áreas relacionadas ao exercício da atividade rural estariam mais propícias a utilizarem o plantio direto já que possuiriam o conhecimento para isso. Então por isso a discriminação entre Ensino Médio de Técnico agrícola e outros e também de Engenheiros Agrônomos, Veterinários, Zootecnistas e Engenheiros Florestais e outras formações de nível superior.

O mesmo princípio, de que a falta de conhecimento ou de orientação técnica justificaria a não utilização, motivou a utilização de uma variável que mensurasse a proporção de produtores que não receberam orientação técnica. Se esse for o caso é de se esperar que essa variável afete negativamente a possibilidade de adoção. A proporção de produtores que são também proprietários dos estabelecimentos estaria relacionada com a aplicação do plantio direto na palha já que eles teriam diferentes tipos de incentivos para preservar a terra do que aqueles que não possuem o mesmo tipo de relação. Um resumo das variáveis está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – resumo das variáveis

Variáveis	Descrição
Rec_Liquidas	Receitas Líquidas dos Municípios
Dummy	Variável Binária relacionada à utilização do plantio direto no município
Idade_25_34	Classe de idade do proprietário - De 25 anos até 34
Idade_35_44	Classe de idade do proprietário - De 35 anos até 44
Ensino_Medio_Tecnico	Nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Ensino médio (Técnico Agrícola)
Ensino_Medio_Outros	Nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Ensino médio (outros)
Eng_Agronomo	Nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Engenheiro Agrônomo
Veterinario	Nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Veterinário
Zootecnista	Nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Zootecnista
Eng_Florestal	Nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Engenheiro Florestal
Outra_Superior	Nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento - Outra Formação Superior

Proporcao_Proprietario	Proporção dos produtores que são proprietários do estabelecimento
Proporcao_Sem_Orientacao	Proporção dos produtores que não receberam nenhuma orientação técnica

Resultados e Discussões: O PSM é utilizado visando a seleção de um grupo de controle que seja o mais similar possível ao grupo tratado utilizando critérios estatísticos. Como são dois grupos distintos criados a partir da mesma amostra é possível que surjam vieses em virtude das características diferentes entre o tratado e o controle. Uma forma de minimizar isso é melhorar a qualidade do pareamento ao utilizar um suporte comum na regressão visando justamente reduzir essas diferenças. O suporte comum é uma unidade comum no grupo de controle que tenham os mesmos valores, ou próximos o suficiente, de outra unidade no grupo dos tratados (Rosenbaum e Rubin, 1983).

O método de pareamento utilizado, como afirmado anteriormente, foi o Kernel matching pois quando se gera pareamento de indivíduos com escore de propensão não muito semelhantes, há surgimento de viés e esse método resolve isso ao utilizar todas as unidades não tratadas para comparar com as tratadas, utilizando uma média ponderadas de todos os controles, utilizando a distância entre os escores de propensão de forma inversa para determinar os pesos no cálculo dessa média. A vantagem é que assim ele gera menor variância, mas ao mesmo tempo é possível que gere viés por não fazer o matching tão preciso. (BRYSON et al., 2002; BECKER e ICHINO, 2002).

O escore de propensão é a probabilidade condicional da realização do tratamento dadas as variáveis observadas antes do tratamento. (Rosenbaum e Rubin, 1983). Realizou-se os seguintes testes para se verificar a qualidade do ajustamento do escore de propensão para o matching. Em primeiro lugar, para verificar quantas unidades estavam encontrando um suporte comum entre o grupo de controle e o grupo de tratamento. O resultado do teste de suporte comum está demonstrado na Figura 1.

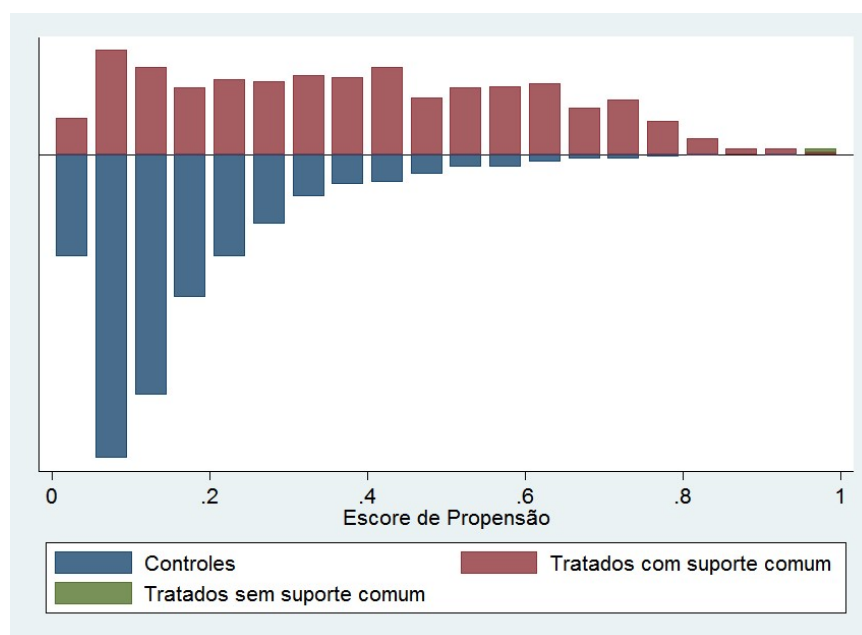


Figura 1 – Suporte Comum

Nesse caso, não foi possível fazer matching para 4 (quatro) municípios brasileiros do grupo de tratados, num grupo de 1212 (mil duzentos e doze).

Em seguida realiza-se o teste para se verificar a densidade Kernel do escore de propensão, buscando se verificar quão próximas são as densidades representativas de cada um dos grupos observados. A estimativa de densidade Kernel é uma forma não-paramétrica que serve para realizar a estimação da função de densidade de probabilidade de uma variável aleatória. Serve para realizar a suavização dos dados ao se fazer inferências sobre uma população utilizando uma amostra de dados restrita. Pelo gráfico da Figura 2 pode perceber a proximidade entre as densidades Kernel nos dois casos.

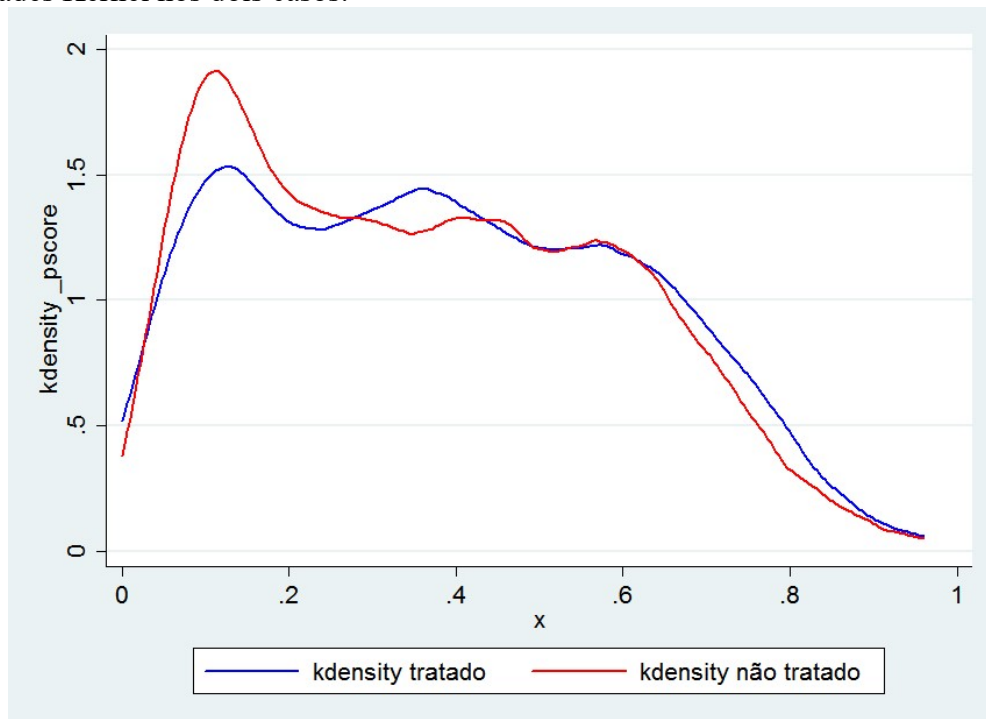


Figura 2 - Densidade Kernel do escore de propensão entre os grupos

Ao se realizar a estimação usando o Modelo de Efeito de Tratamento com a técnica Pareamento por Escore de Propensão usando Kernel Matching usando suporte comum encontra-se os seguintes resultados:

Tabela 2 – Estimativas do Modelo de Efeito de Tratamento

Variáveis	Coefficiente	P-Valor
Idade_25_34	-0,0069597***	0,0000
Idade_35_44	0,0052077***	0,0000
Ensino_Medio_Tecnico	0,0062492***	0,0040
Ensino_Medio_Outros	0,0014522**	0,0390
Eng_Agronomo	0,0310311***	0,0000
Veterinario	0,0094398 ^{NS}	0,3380
Zootecnista	0,0027818 ^{NS}	0,9140
Eng_Florestal	0,1227446***	0,0000

Outra_Superior	-0,0172007***	0,0000
Proporcao_Proprietario	-0,9386866***	0,0000
Proporcao_Sem_Orientacao	-2,301744***	0,0000
Intercepto	1,329914***	0,0000

Os sinais (***), (**) e (*) indicam significância a 1%, 5% e 10%, respectivamente; (NS) indica não significância. O coeficiente encontrado sinaliza que se o produtor se encontrar na classe de idade de 25 a menor de 35 anos ele está mais propenso a não adotar o plantio direto no seu processo produtivo, isso pode ser devido a sua pouca experiência, conhecimento e/ou visão de longo prazo em relação ao terreno já que para classe de idade seguinte, de 35 anos até menos de 35 acontece o contrário quase na mesma proporção, já que o sinal do coeficiente é positivo. Enquanto que para praticamente todos os níveis de instrução os coeficientes são positivos para a aplicação do plantio direto em palha. Isso parece ser um indicativo para que quanto maior for conhecimento sobre formas alternativas de preparo do solo maior a probabilidade de se aplicar na prática. Nos níveis de instrução, a única característica que possui um coeficiente de sinal negativo é o de outras formações de nível superior. Que também está apontando para o conhecimento técnico como um aspecto bastante significativo para adoção da técnica sustentável.

Outro ponto que reforça essa percepção é o coeficiente associado à proporção de produtores que não receberam orientação técnica no ano do Censo. É o coeficiente que mais impacta o resultado e de forma negativa, nos permitindo concluir que com a assistência técnica é mais provável que os produtores rurais utilizem o plantio direto do que o contrário.

Por fim, o coeficiente da variável relacionada ao fato do produtor ser também o proprietário do estabelecimento. Como é negativo, entende-se que se o proprietário vai preferir focar na sua lucratividade do que na sustentabilidade do processo produtivo e na preservação do solo.

Em seguida, na Tabela 3 se encontram os valores calculados do impacto do efeito de tratamento sobre as Receitas Líquidas, calculadas em 1.000 R\$, valores referentes ao Censo Agropecuário 2006 e através do método *kernel*, com significância a 10%:

Tabela 3 – Estimativas do Efeito de Tratamento

Variável de Resposta	Adotam	Não adotam	Diferença	P-Valor
Receita Líquida	6614,0447	10630,8935	-4016,84879*	0,0531

Ao analisar o ATT (*average treatment effect on the treated*) podemos afirmar a diferença causada nas Receitas Líquidas dos municípios pertencente ao grupo dos tratados em relação ao grupo de controle. Nesse caso os municípios no grupo tratados possuem receitas líquidas inferiores ao outro grupo na magnitude de 4 (quatro) milhões de reais. Com um impacto negativo sobre as receitas líquidas dos produtores, está explicado o porquê de o plantio direto ainda ter uma adoção tão baixa (a média é de mais ou menos 10% de adoção entre os produtores) mesmo com as vantagens citadas previamente.

Conclusões: Práticas produtivas que sejam sustentáveis têm cada vez mais sido exigidas pela sociedade como um todo. A preocupação com o futuro do planeta no que tange a qualidade de vida das futuras gerações, frente as mudanças climáticas, a queda na biodiversidade e disponibilidade de recursos naturais está cada vez mais evidente. Demanda-se a criação de novas tecnologias e uma difusão e aplicação mais ampla das já existentes para que atinjam esse fim e promova uma conversão em direção a uma conscientização maior sobre a destinação dos resíduos, do manejo de pragas, do cuidado com o solo e com rios, da preservação de biomas e

do controle do clima, enfrentamento da pobreza rural, atenção para segurança alimentar, etc. Esse esforço precisa ser feito com a ação conjunta de diversas áreas do conhecimento humano e integração de toda a sociedade.

Um passo importante nessa direção é justamente a de investigar os problemas correntes e encontrar suas prováveis causas e possíveis soluções. É necessário mensurar seus efeitos para poder tomar decisões mais conscientes para que as metas sejam atingidas de formas mais eficientes. O presente trabalho se manifesta numa tentativa de andar nessa direção: o plantio direto é uma prática da agricultura sustentável que visa melhorar a qualidade dos solos, controlando a erosão, preservando nutrientes, estimulando a germinação das sementes e também diminuir custos produtivos. Então por que não é adotado em maior medida?

O modelo de Efeito de Tratamento, utilizando a estimação do PSM, possibilitou a avaliação dos efeitos do plantio direto entre o grupo que o utilizava e o que optou por não adotar. Os valores encontrados sinalizam que os municípios que tem maior proporção de estabelecimentos que utilizam o plantio direto têm receitas menores. Como se considera que os agentes são racionais e maximizadores de lucros, então é de se esperar que haja adoção em baixa dessa prática, como se verifica, já que a taxa de adoção é pouco superior a 10%, ao analisar todos os municípios do país.

Quando se há maior acesso a informação, seja através da formação dos produtores ou mediante orientação técnica, a adoção cresce. Mas na prática, ao levar em conta a lucratividade dos agentes econômicos, ela não se materializa na quantidade desejada. Como se almeja a incorporação de mais técnicas sustentáveis no processo produtivo é preciso se pesquisar como criar mais incentivos, como deixa-las mais atraentes para que os agentes os incorporem.

Para futuros trabalhos sugere-se uma incorporação de mais variáveis que possam explicar esse efeito e como reverter. O presente trabalho apresenta limitações por não incorporar uma maior quantidade de variáveis que diminuam o termo de erro fazendo assim o poder explicativo do modelo crescer. Falta de incentivos financeiros como linhas de crédito voltadas para aplicação dessa técnica e capacitação de mão de obra ou modernização do maquinário, aumentar a capacidade de gerenciamento, maior divulgação dela por meios mais variados, investimento em extensão rural e orientação técnica para um número maior de produtores, melhor avaliação dos custos e benefícios de cada alternativa, adequação para as especificidades do solo e do clima da região, por exemplo. Não só fatores econômicos, mas sociais, agronômicos e climáticos têm também sua influência sobre o resultado.

Referências:

Barros, G. S. de C. Agronegócio brasileiro: perspectivas, desafios e uma agenda para seu desenvolvimento. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/release-6392.aspx> > Acesso em 05/03/2017.

Becker S. O., Ichino, A. (2002) Estimation of average treatment effects based on propensity score. *The Stata Journal*. Volume (2). Páginas 358-377.

Berry, M. A., Rondinelli, D. A. (1998). Proactive corporate environment management: a new industrial revolution. *The Academy of Management Executive*. Volume (12). Página 28.

Bryson, A., Dorsett, R., Purdon, S. (2002) The use of propensity score matching in the evaluation of active labour market policies. Disponível em: < <http://eprints.lse.ac.uk/4993/> >. Acesso em 18/01/2017.

Buainain, A. M. (2006). Agricultura familiar, agroecologia e desenvolvimento sustentável: questões para debate. Brasília: IICA, 2006.

- Cameron, A. C., Trivedi, P. K. (2005). Regression analysis of count data. New York: Cambridge University Press.
- CEPEA-USP/FAEMG2/SEAPA (2011) Perfil do Agronegócio Mineiro. Disponível em: < www.agricultura.mg.gov.br/images/files/publicacoes/perfil_pib_jun_2014.pdf > Acesso em 22/02/2017.
- Cruz, A. C. (2007). Composição do agronegócio no estado de minas gerais. Disponível em: < <http://repositorio.ufv.br/handle/123456789/97> > Acesso em 19/01/2017.
- Cunha, D. A. D. (2011). Efeitos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira: Análise da irrigação como estratégia adaptativa. Viçosa, MG: UFV. Diss. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Ehlers, E. M. (1994). O que se entende por agricultura sustentável? Disponível em:< <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-25112011-091132/> >. Acesso em: 12/01/2017.
- Gasques, J. G., Rezende, G. C., Verde, C. M. V., Salerno, M. S., Conceição, J. C. P. R., Carvalho, J. C. S. (2004) Desempenho e crescimento do agronegócio do Brasil. Disponível em:<http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4225 > Acesso em 03/03/2017.
- IBGE – Censo Agropecuário do Brasil (2006). Disponível em:<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf >. Acesso em 15/06/2017
- Kessler, N. S., Piccinin, Y., Rossato, M. V., Dörr, A. C., De Freitas, L. A. R., Marin, A. (2014). Práticas sustentáveis nas pequenas propriedades de agricultura familiar: um estudo de caso. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Volume (17). Páginas 3367-3375.
- Lima, L. M. Q. (1995). Lixo: tratamento e biorremediação. Editora Hemus.
- Nowak, P. J. (1987). The adoption of agricultural conservation technologies: economic and diffusion explanations. Rural sociology. Volume (52), número 2, página 208.
- Pampel, F., Vanes, J. C. (1977). Environmental quality and issues of adoption research. Rural Sociology. Volume (42), número 1, página 57.
- Petter, R. L. (2002). As múltiplas expressões da sustentabilidade: a realidade regional do Corede da produção no Estado do Rio Grande do Sul. 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em:< <http://hdl.handle.net/10183/2623> >. Acesso em: 13 de janeiro de 2017.
- Rosenbaum, P. R., Rubin, D. B. (1983). The Central role of the Propensity Score in observational studies for causal effects. Biometrika. Volume (70), número 1, páginas 41-55.
- Smith, J. (2000). A critical survey of empirical methods for evaluating active labor market policies. Schweizerische Zeitschrift fr Volkswirtschaft und Statistik. Volume (136), número 3, páginas 1-22.
- Souza, E. C. (2010). Dinâmica Recente do Setor Agropecuário de Minas Gerais: Uma Análise Econométrica Espacial. Monografia de Graduação: Instituto de Economia (Universidade Federal de Uberlândia), página 66.
- Tinoco, J. E. P., Kraemer, M. E. P. (2004). Contabilidade e gestão ambiental. Editora Atlas.
- Veiga, J. E. (1994). Problemas da transição à agricultura sustentável. Agricultura Sustentável, São Paulo: IPE/USP. Volume (24). Páginas 5-29.