

# **CUSTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DA SOJA EM ÁREAS DE EXPANSÃO RECENTE NOS CERRADOS BRASILEIROS – O CASO DE PEDRO AFONSO - TO**

**Waldecy Rodrigues<sup>1</sup>**

**Gislâne Ferreira Barbosa<sup>2</sup>**

**Resumo** – Na década de 90, com o aumento do preço da soja no mercado internacional e a ocupação de áreas produtoras tradicionais, outras glebas nos Cerrados foram intensivamente incorporadas para a produção de soja, com destaque para Luís Eduardo Magalhães – BA, Balsas – MA e Pedro Afonso – TO. Essa expansão pode significar a ampliação de impactos ambientais nos solos, nos recursos hídricos, na biodiversidade e nas condições de equilíbrio ecológico dos Cerrados. O estudo valora economicamente, através do Método Custo-Reposição (MCR), os impactos ambientais de tecnologias de plantio de soja em região de expansão recente nos Cerrados, tendo como estudo de caso o município de Pedro Afonso - TO. Na região específica do estudo os custos ambientais anuais da produção da soja foram estimados em R\$ 82.726,84. Porém, adoção do plantio direto progressiva mais produtores ao plantio direto pode reduzir este valor para R\$ 22.476,17 ao ano.

**Palavras-chaves:** Método custo-reposição, custos ambientais, *commodities* e meio ambiente.

---

<sup>1</sup> Doutor (UnB). Professor do Curso de Economia e do Mestrado em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: waldecy@uft.edu.br

<sup>2</sup> Aluna de graduação do Curso de Economia da UFT. Bolsista de iniciação científica do CNPq.

## 1 - Introdução

A região dos Cerrados brasileiros, com a expansão da fronteira agrícola na região a partir da década de 70, passou a ser sistematicamente ocupados pela produção agropecuária em larga escala, com especial destaque para a produção de soja. Na década de 90, com o aumento do preço da soja no mercado internacional e a ocupação de áreas produtoras tradicionais, outras glebas nos Cerrados foram intensivamente incorporadas para a produção de soja, com destaque para Luís Eduardo Magalhães – BA, Balsas – MA e Pedro Afonso – TO<sup>3</sup>. Essa expansão pode significar a ampliação de impactos ambientais nos solos, nos recursos hídricos, na biodiversidade e nas condições de equilíbrio ecológico dos Cerrados.

O nível de impactos ambientais pode ser minimizado ou ampliado de acordo com a tecnologia de plantio adotada. A partir da década de 80, na região de Cerrados, principalmente devido aos problemas relacionados com a erosão dos solos e a vinda de agricultores do Sul do país, os produtores passaram a procurar outras alternativas tecnológicas, dentre as quais se destaca o plantio direto. Porém, neste período histórico o plantio direto era considerado inviável economicamente para os Cerrados, a não ser em uma situação de muito longo prazo (CUNHA, 1989). Já na década de 90, o plantio direto apresentou uma redução em seus custos devido a queda do preço do herbicida dessecante, assim possibilitando sua utilização econômica devido sua aproximação com os custos da tecnologia convencional. No caso do milho o plantio direto chegou a apresentar custos de produção menores que a alternativa tradicional (RODRIGUES, 1999). No caso da soja, o plantio direto já apresenta custos de produção bastante próximos aos do plantio convencional (RODRIGUES, 2005).

Os problemas centrais da pesquisa é responder quais são os custos ambientais da expansão da soja em região de Cerrados? Quais são as diferenças em termos de impactos ambientais sobre os solos e os recursos hídricos e, conseqüentemente, sobre os custos ambientais das tecnologias de plantio convencional e direto? Quais são os fatores que podem levar os produtores de soja adotarem tecnologias de plantio menos agressivas ao meio ambiente?

---

<sup>3</sup> Isso sem contar, com o avanço fronteira da soja no estado do Mato Grosso em direção a Floresta Amazônica, com graves conseqüências ao equilíbrio ecológico.

Este artigo objetiva valorar economicamente os impactos ambientais da produção de soja em “áreas de fronteira” nos cerrados, considerando as tecnologias de plantio existentes. O município de Pedro Afonso – TO foi escolhido como estudo de caso por corresponder uma nova área de expansão para a soja que foi intensificada no âmbito do PRODECER III<sup>4</sup>, no ano de 1996, financiado por recursos do Governo Japonês. Também, o município atualmente é o maior produtor de soja do estado do Tocantins.

## 2) Metodologia

Para a valoração econômica do processo erosivo é utilizado o método custo-reposição (efeitos internos e efeitos externos). Em que pese todos os limites da aplicação dos métodos de valoração ambiental, os mesmos são de grande utilidade para avaliação de impactos ambientais da produção agrícola. O Método Custo de Reposição (MCR) está baseado na reparação de algum dano ao recurso ambiental e o custo de reposição pode ser entendido como uma medida do seu benefício. PEARCE (1993) afirma que o MCR é freqüentemente utilizado como uma medida do dano causado. Essa abordagem é correta nas situações em que é possível argumentar que a reparação do dano deve acontecer por causa de alguma restrição da sustentabilidade da produção agrícola no longo prazo.

O MCR será utilizado empiricamente a partir dos seguintes procedimentos metodológicos:

1. descrição das tecnologias de plantio a serem analisadas – plantio direto e plantio convencional - enfatizando suas características técnicas e econômicas;
2. estabelecimento de cenários da produção de soja no município de Pedro Afonso – TO para avaliação física dos impactos sobre os solos e os recursos hídricos e posterior valoração dos custos ambientais;
3. valoração econômica dos efeitos do processo erosivo no custo de reposição de nutrientes dos solos nas tecnologias de plantio abordadas nos cenários dimensionados;
4. valoração econômica dos efeitos do processo de assoreamento dos recursos hídricos nas tecnologias de plantio abordadas no custo de reposição para companhia de recursos hídricos nos

---

<sup>4</sup> Programa nipo-brasileiro de desenvolvimento dos Cerrados.

cenários dimensionados.

Após esta etapa é possível dimensionar os custos ambientais considerando o uso total do plantio direto e do plantio convencional na área plantada no município investigado. Tem-se assim a estimativa do custo ambiental máximo e mínimo, de acordo com as tecnologias disponíveis para o plantio.

Posteriormente, como não existem dados secundários disponíveis confiáveis sobre o uso das tecnologias de plantio por parte dos produtores rurais, por isso foram aplicados questionários sobre a população total dos produtores de soja do município de Pedro Afonso – TO, a fim de verificar o percentual de produtores que utilizam o plantio direto e convencional, bem como os motivos econômicos e ecológicos que levaram os produtores adotarem uma ou outra tecnologia de plantio.

Após este procedimento é possível estabelecer quais são os custos ambientais totais da produção de soja no município na atual utilização das tecnologias de plantio por parte dos produtores de soja. Assim, pode-se estabelecer uma comparação entre a situação atual do município (custo ambiental calculado) com o custo ambiental mínimo (com o uso total da tecnologia menos agressiva ao meio ambiente – plantio direto) e o custo ambiental máximo (com o uso total da tecnologia mais agressiva ao meio ambiente – plantio convencional).

Segundo CAMPANHOLA et alli (1997) pode-se adotar um enfoque simplificador e quantificar a externalidades ambientais negativas de acordo com a importância que o bem perdido ou deteriorado tem para o agrossistema. Neste caso, o custo da erosão seria dado pelo valor dos nutrientes contidos no solo que foi perdido, ou, em outros casos mais graves onde a área torna-se inapta para a agricultura, o custo é obtido pelo preço de mercado da área de terra afetada. Entretanto, este tipo de abordagem não mede os danos sobre outros bens e serviços ambientais, como por exemplo, perdas da biodiversidade, e, também, não mede outros efeitos decorrentes do processo erosivo que afetam outras partes do ecossistema, como, por, exemplo, a qualidade dos recursos hídricos.

Para se realizar a valoração econômica dos efeitos do processo de erosão / sedimentação é necessária uma compreensão prévia dos impactos ambientais causados pelo agente degradador. O

processo de erosão dos solos tem basicamente dois tipos de efeitos: internos e externos. Os efeitos internos estão associados com a perda da eficiência da produção agrícola associados com o processo erosivo. Nesse sentido, esses custos são absorvidos pelos próprios produtores rurais, aumentando assim seus custos de produção no médio e longo prazo. Já os efeitos externos são absorvidos por outros agentes econômicos que sofrem fundamentalmente com o processo de assoreamento dos recursos hídricos, sendo que estes custos não estão incluídos nos custos privados do produtor / degradador.

### 3) Resultados e Discussões

#### 3.1) Análise econômica da expansão da produção da soja em Pedro Afonso – TO.

O município de Pedro Afonso – TO, até o ano de 1996, apresentava uma incipiente produção de soja.. A partir desse período, foi implantado no município a terceira etapa do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER III)<sup>5</sup>. O PRODECER III ocupou uma área de 40.000 ha, onde foram assentadas 40 (quarenta) famílias de colonos de vários estados brasileiros, onde foram estabelecidos glebas individuais de 980 (novecentos e oitenta) hectares.

No ano de 2004, no município de Pedro Afonso – TO foram registrados 37.000 hectares destinados para a produção de soja, com uma produção de 99.900 toneladas é o município maior produtor de soja do estado do Tocantins. A produtividade da soja no município (2.700 kg/ha.), é maior que a média brasileira (2.294 kg/ha.) e a estadual (2.574 kg/ha.) (tabela 1).

**TABELA 1 – Comparação da quantidade produzida de soja - 2004**

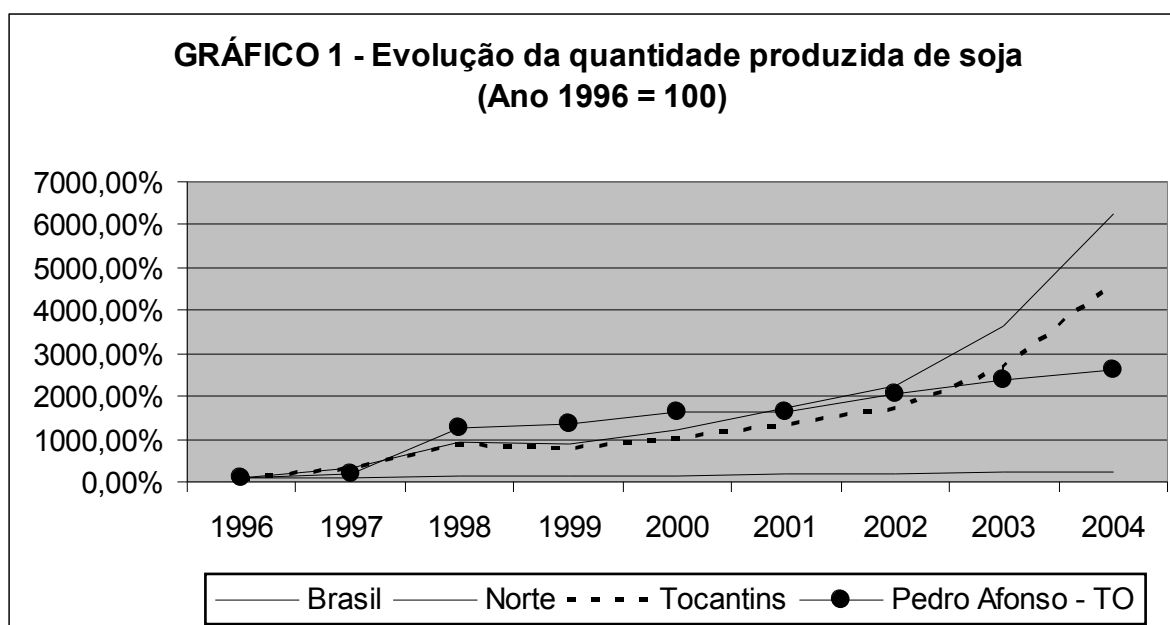
<b>Abrangência geográfica</b>	<b>Quantidade produzida (Ton)</b>	<b>Área Plantada (ha)</b>	<b>Produtividade (kg. / ha)</b>
Brasil	49.552.100	21.597.218	2.294

<sup>5</sup> Este programa foi financiado por recursos do governos brasileiro e japonês, os recursos japoneses vieram de fontes institucionais do governo e dos bancos privados, que foram co-finaciadores. O projeto piloto foi financiado pela Japan International Cooperation (JICA) e projeto de expansão pelo Overseas Economic Cooration (OECF).

Região Norte	946.649	359.434	2.634
Tocantins	652.322	253.466	2.574
Pedro Afonso – TO	99.900	37.000	2.700

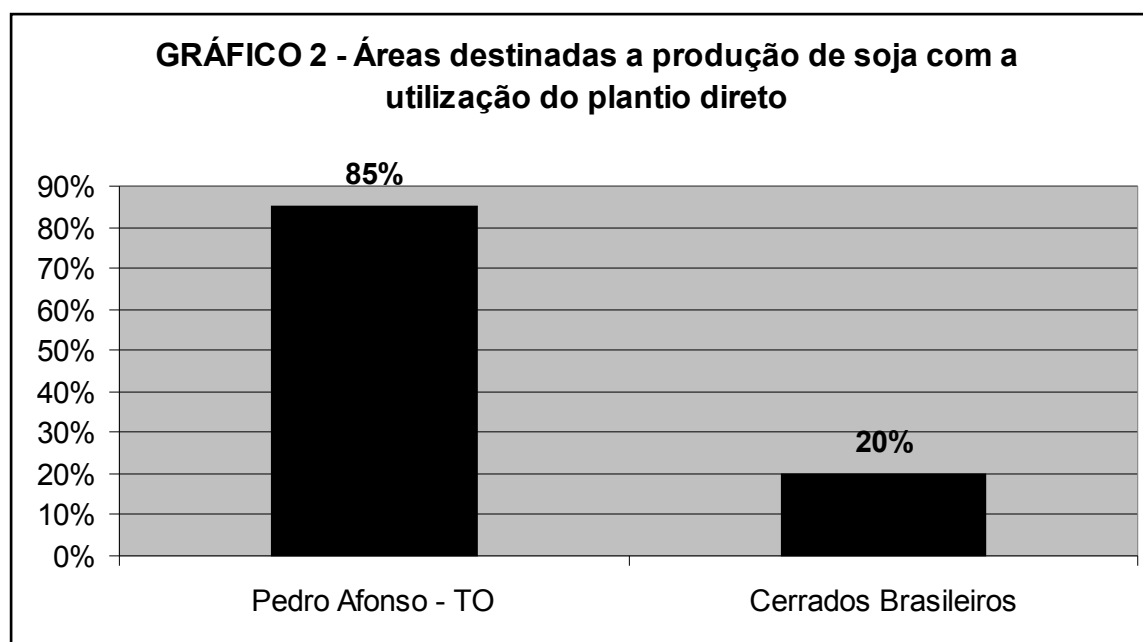
Fonte – IBGE (2005)

O Gráfico 1 demonstra que entre 1996 /2004 o Brasil, a Região Norte, o estado do Tocantins e o município de Pedro Afonso - TO apresentaram uma evolução de, respectivamente, 108,54%, 4.602,17%, 3.511,14% e 2.469,44% da quantidade produzida de soja. Dessa forma, percebe-se que a produção de soja em Pedro Afonso – TO em um patamar bastante superior que a produção brasileira. Merece destaque o grande crescimento da produção da soja na Região Norte do país, que em regra apresentam ecossistemas bastante frágeis para esse tipo de exploração agrícola.



Fonte – IBGE (2005)

A tecnologia de plantio direto vem sendo utilizada cada vez mais por produtores de soja do município de Pedro Afonso – TO. Atualmente, em 85% da área plantada de soja os produtores usam o plantio direto, enquanto somente 15% utilizam a tecnologia convencional (Gráfico 2).



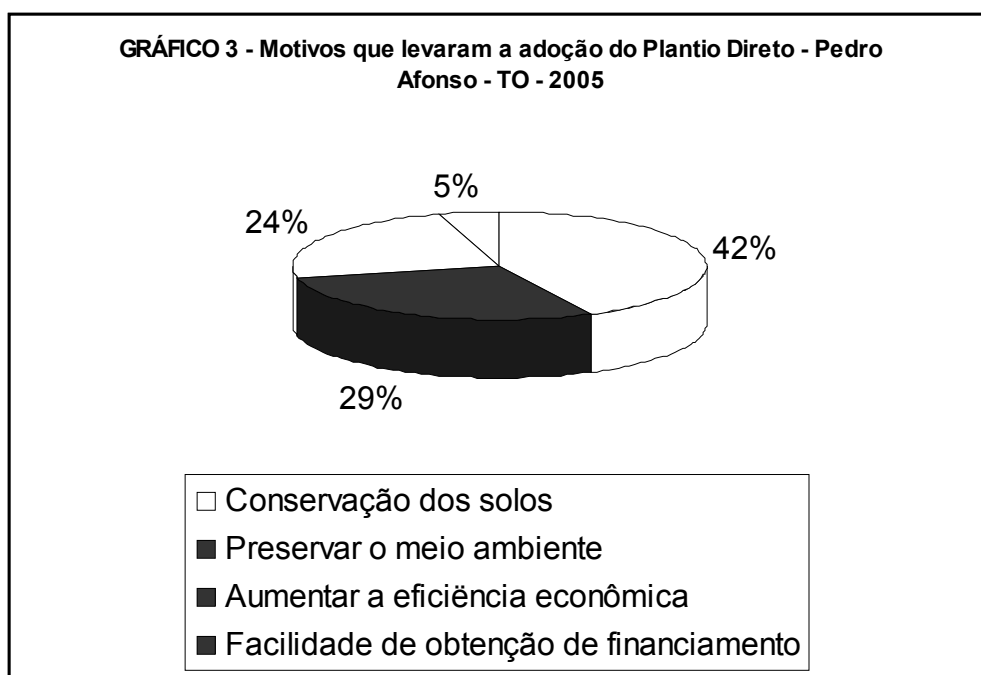
Fonte – Pesquisa de campo (2005) e FEBRAPD (2004).

**TABELA 2 – Ano de adoção do plantio direto em Pedro Afonso – TO.**

Ano	%
1998	7%
1999	13%
2000	33%
2002	20%
2003	7%
2004	13%
2005	7%

Fonte – Pesquisa de campo (2005).

O que explica essa grande utilização da técnica de plantio direto pelos produtores de soja do município? Segundo 42% dos produtores o motivo que os levaram a adoção do plantio direto é a conservação dos solos, já para 29% a preservação ambiental é o principal motivo da escolha dessa tecnologia, por aumentar a eficiência econômica 24% dos produtores escolheram o plantio direto, enquanto 5% acham mais fácil a obtenção de crédito, dados que podem ser observados no Gráfico 3.



Fonte – Pesquisa de campo (2005).

Os produtores de soja do município de Pedro Afonso indicaram que adotaram a tecnologia de plantio direto, principalmente para resolver questões relacionadas a conservação dos solos e aos recursos hídricos, que afetam indiretamente sua própria eficiência econômica. Para cerca de 90% dos produtores de soja a qualidade da água, erosão e assoreamento são problemas ambientais de grande importância para os resultados econômicos e sociais de sua atividade. (Tabela 3).

**TABELA 3 –Principais problemas ambientais enfrentados pelos produtores de em Pedro Afonso – TO – 2005.**

<b>Problemas ambientais</b>	<b>Muito relevante</b>	<b>Relevante</b>	<b>Pouco relevante</b>
Qualidade da água	23,53%	11,76%	-
Erosão	23,53%	5,88%	-
Assoreamento	11,76%	17,65%	-
Desmatamento	-	-	5,88%

Fonte – Pesquisa de campo (2005).

O plantio direto proporciona a redução dos problemas ambientais apresentados pelos produtores de soja de Pedro Afonso – TO como os mais relevantes. Segundo LANDERS (1996) , o plantio direto (PD) foi introduzido no país, em 1969, em Não-Me-Toque – RS, com um plantio experimental de sorgo. Em relação às técnicas convencionais de preparo e cultivo do solo, o PD apresenta práticas agrônômicas inovadoras, que movimentam menos o solo e permitem um eficiente controle da erosão, pela manutenção de uma cobertura morta (palha) sobre o solo. A adoção do PD



foi uma reação espontânea de agricultores que sentiram a falta de sustentabilidade econômica e física do sistema de plantio convencional, intensivamente mecanizado, e em função dos efeitos da erosão e do alto investimento em maquinário.

A técnica do plantio direto vem sendo utilizada por um maior número de produtores na região dos cerrados brasileiros com o decorrer do tempo. A partir da Tabela 4, pode-se constatar que no início dos anos noventa a área destinada para plantio direto nos cerrados brasileiros correspondia 8,7% do total destinado em todo o Brasil. Já em 2004 essa área subiu para 28,22%. Nesse mesmo período (1990/2004), enquanto a área brasileira destinada para o plantio direto crescia 21,8 vezes nos cerrados brasileiros cresceu cerca de 71 vezes.

**TABELA 4 – Evolução da área plantadas em plantio direto (em ha)**

<b>Ano agrícola</b>	<b>Cerrados</b>	<b>Brasil</b>
1974/75	-	8.000
1976/77	-	57.000
1978/79	-	54.000
1980/81	-	205.000
1982/83	500	260.000
1984/85	2.000	500.000
1986/87	9.000	n.d.
1988/89	35.000	n.d.
1990/91	87.000	1.000.000
1991/92	180.000	1.350.000
1992/93	270.000	n.d.
1993/94	420.000	3.000.000
1994/95	930.000	3.800.000
1995/96	1.500.000	4.500.000
1996/97	1.938.000	7.900.000
1997/98	2.670.000	10.100.000
1998/99	3.402.000	12.100.000
1999/00	4.000.000	13.470.000
2000/01	4.900.000	17.356.000
2001/02	5.290.000	18.744.000
2002/03	5.713.000	20.244.000
2003/04	6.170.000	21.863.000

Fonte – Fundação ABC - Citada por LANDERS (1996), p. 14. FEBRAPD (2004).

Entre 1990/2004, houve uma expansão de 6.992% na área plantada nos cerrados com a utilização da tecnologia do plantio direto, em contrapartida com uma expansão de 2.086% na área plantada no Brasil (Tabela 4). Houve uma expansão considerável da utilização do plantio direto, tanto no Brasil, com particular destaque para região dos cerrados, por ser uma importante fronteira agrícola do país, com a exploração intensiva de *commodities* propícias a utilização desta tecnologia de plantio.

Outros fatores devem ser observados como elementos da mudança de comportamento dos produtores rurais na adoção de tecnologias com menor impacto ambiental. SAMAHA e LANDERS (1998), ressalta que essas mudanças estão sendo condicionadas por uma crescente exigência social a respeito da qualidade ambiental.

Dessa forma, o plantio direto torna-se uma ferramenta importante para a busca da competitividade e da sustentabilidade da produção agrícola. Competitividade pois possibilita a maximização do lucro na propriedade rural no longo prazo, pela contenção do processo de erosão e sustentabilidade pois esta tecnologia reduz os impactos ambientais causados pelo processo erosivo reduzindo o nível de externalidades ambientais negativas.

### 3.2 - Efeitos internos do processo de erosão dos solos

Os custos internos do processo de erosão devem ser calculados utilizando-se as perdas de solo por cultura transformadas em perdas de nutrientes conforme a composição do solo. Considera-se que toda a perda de terra representa também correspondente perda de nutrientes. Tem-se a seguinte equação de determinação dos custos internos (MARQUES, 1998):

**Custos internos =  $Q_n (P_n + C_a) + (P_p * Q_p)$ , onde:**

$Q_n$  = fertilizantes carregados pela erosão (tonelada);

$P_n$  = preço dos fertilizantes (R\$);

$C_a$  = custo de aplicação dos fertilizantes (R\$);

$P_p$  = preço da produção agrícola (R\$);

$Q_p$  = redução da produtividade de longo prazo em virtude da erosão (ton./ha)<sup>6</sup>.

Verifica-se na Tabela 5 que o plantio convencional gera uma erosão 433,30% superior ao plantio direto, indicando que esta tecnologia é muito mais sustentável no que diz respeito exclusivamente ao manejo dos solos.

<sup>6</sup> Neste trabalho não são considerados a perda de produtividade no longo prazo com a erosão. Por hipótese admite-se que toda a perda de nutrientes pode ser reposta.

**TABELA 5 – Área ocupada e perdas de solo no município de Pedro Afonso – TO na cultura de soja.**

Área ocupada (ha) <sup>1</sup>	Erosão no plantio convencional (ton./ano) <sup>2</sup>	Erosão no plantio direto (ton./ano) <sup>2</sup>	Erosão plantio (direto + convencional) <sup>3</sup> (ton./ano) <sup>2</sup>
37.000	177.600	33.300	54.945

Fonte: <sup>1</sup>IBGE – Pesquisa Agropecuária (2005); <sup>2</sup> Cálculos feitos a partir de SATURNINO e LANDERS (1997); o arraste de partículas na soja plantio convencional é de 4,8 ton./ano e no plantio direto 0,9 ton./ano; <sup>3</sup>Considera-se neste caso a proporção de produtores de soja em Pedro Afonso TO que utilizam plantio direto (85%) e plantio convencional (15%), conforme dados levantados em Pesquisa de Campo (2005).

Para se valorar os efeitos do processo erosivo sobre os solos e os recursos hídricos serão elaborados três cenários: 1) **Cenário 1** - toda a produção realizada com o plantio convencional para calcular o custo ambiental máximo (tabela 6) ; 2) **cenário 2** - toda a produção realizada com o plantio direto para calcular o custo ambiental mínimo (tabela 7) e 3) **cenário 3** - cálculo do custo ambiental efetivo da produção de soja do município, após levantamento de campo junto aos produtores para verificação das áreas destinadas para o plantio direto e convencional (tabela 8) .

Utilizando-se o Método Custo-Reposição verifica-se na tabela 6 que se todos os produtores de soja do município de Pedro Afonso – TO utilizarem a tecnologia do plantio convencional (cenário 1) têm-se um custo anual com reposição de nutrientes de R\$ 169.415,50, ou seja, um valor médio de R\$ 4,58 por hectare.

**TABELA 6 – Estimativa do valor econômico das perdas de solo no cultivo da soja com o uso do Plantio Convencional no município de Pedro Afonso – TO.**

Nutrientes	Concentração de nutrientes no solo (%) <sup>1</sup>	Perdas de nutrientes (ton.)	Fertilizantes	Kg. Fert./kg nutrientes <sup>1</sup>	Perdas de fertilizantes (ton./ano)	Preço dos fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas em R\$ / ano
Nitrogênio	0,096750	171,80	Uréia (45% N)	2,22	378,00	388,00	146.664,00
Fósforo	0,002614	4,64	Superfosfato simples	5,56	25,80	263,00	6.785,40
Potássio	0,010058	17,86	Cloreto de potássio	1,66	29,65	220,00	6.522,47
Cálcio + Magnésio	0,094872	168,50	Calcário dolomítico	2,63	443,15	21,31	9.443,63
Perdas do solo em ton.	177.600	-	-	-	-	-	<b>169.415,50</b>

Fonte – Elaboração própria (2005); <sup>1</sup> indicadores técnicos colhidos em Marques (1998).

Por outro lado observa-se que , de acordo com a tabela 7, se todos os produtores do município utilizarem a tecnologia do plantio direto (cenário 2) teriam um custo médio com reposição

de nutrientes de R\$ 0,12 por hectare, ou seja, um custo anual com reposição de nutrientes de R\$ 4.294,37.

**TABELA 7 – Estimativa do valor econômico das perdas de solo no cultivo da soja com o uso do Plantio Direto no município de Pedro Afonso – TO.**

<i>Nutrientes</i>	<i>Concentração de nutrientes no solo (%)</i>	<i>Perdas de nutrientes (ton.)</i>	<i>Fertilizantes</i>	<i>Kg. Fert./kg nutrientes</i>	<i>Perdas de fertilizantes (ton./ano)</i>	<i>Preço dos fertilizantes (R\$)</i>	<i>Valor econômico das perdas em R\$ / ano</i>
Nitrogênio	0,096750	32,21	Uréia (45% N)	2,22	71.50	388,00	27,75
Fósforo	0,002614	0,87	Superfosfato simples	5,56	4,84	263,00	1.272,85
Potássio	0,010058	3,35	Cloreto de potássio	1,66	5,56	220,00	1.223,17
Cálcio + Magnésio	0,094872	31,59	Calcário dolomítico	2,63	83,08	21,31	1.770,60
Perdas do solo em ton.	33.300	-	-	-	-	-	4.294,37

Fonte – Elaboração própria (2005); <sup>1</sup> indicadores técnicos colhidos em Marques (1998).

Considerando situação a atual do município de Pedro Afonso – TO, onde 15% dos produtores utilizam plantio convencional e 85% utilizam plantio direto (**cenário 3**)<sup>7</sup>, pode-se observar, através da tabela 8, que o custo anual com reposição de nutrientes é de R\$ 52.827,88 e o custo médio é de R\$ 1,43.

**TABELA 8 – Estimativa do valor econômico das perdas de solo no cultivo da soja na situação atual de ocupação (plantio direto + convencional)<sup>2</sup> no município de Pedro Afonso – TO.**

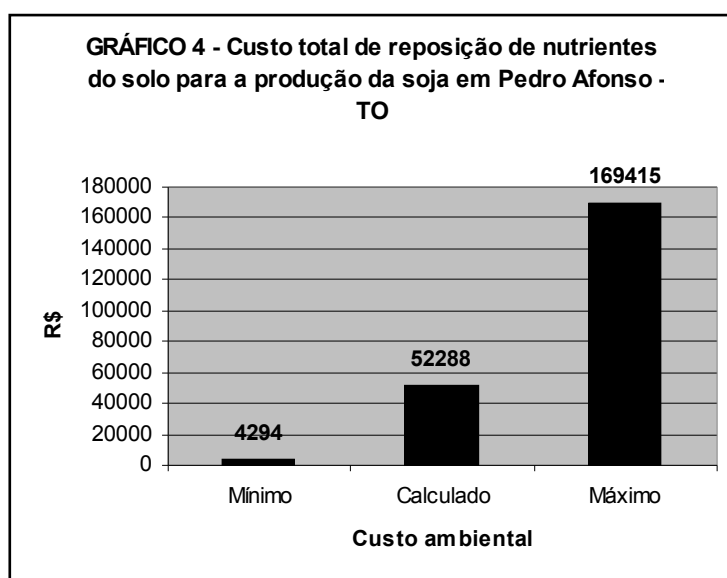
<i>Nutrientes</i>	<i>Concentração de nutrientes no solo (%)</i>	<i>Perdas de nutrientes (ton.)</i>	<i>Fertilizantes</i>	<i>Kg. Fert./kg nutrientes</i>	<i>Perdas de fertilizantes (ton./ano)</i>	<i>Preço dos fertilizantes (R\$)</i>	<i>Valor econômico das perdas em R\$ / ano</i>
Nitrogênio	0,096750	53,16	Uréia (45% N)	2,22	118.01	388,00	45.787,88
Fósforo	0,002614	1,43	Superfosfato simples	5,56	7,98	263,00	2.100,21
Potássio	0,010058	5.52	Cloreto de potássio	1,66	9,17	220,00	2.018,23
Cálcio + Magnésio	0,094872	52,13	Calcário dolomítico	2,63	137,09	21,31	2.921,50
Perdas do solo em ton.	54.945,00	-	-	-	-	-	<b>52.827,88</b>

Fonte – Elaboração própria (2005); <sup>1</sup> indicadores técnicos colhidos em Marques (1998); <sup>2</sup> Considera-se neste caso a proporção de produtores de soja em Pedro Afonso TO que utilizam plantio direto (85%) e plantio convencional (15%), conforme dados levantados em Pesquisa de Campo (2005).

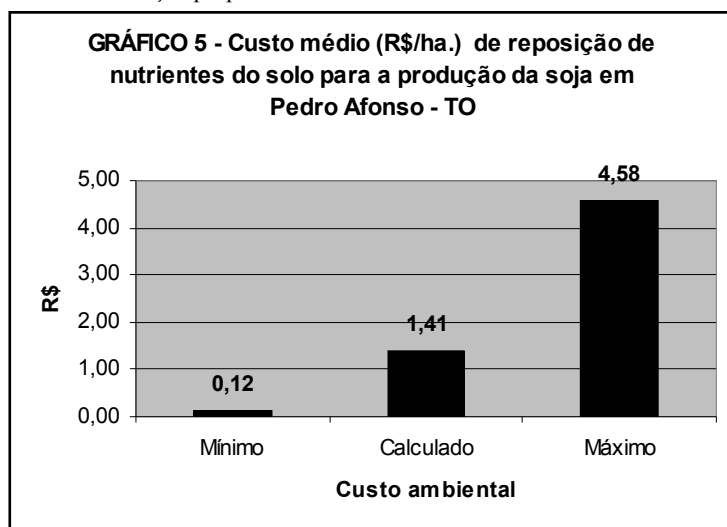
Sabe-se que toda atividade agrícola provoca algum tipo de custo ambiental, e que este varia conforme a escolha da tecnologia adotada pelo produtor no processo produtivo. Pode-se observar,

<sup>7</sup> Também pode ser chamada de cenário realístico, pois reflete as condições atuais da ocupação e uso do solo na produção de soja no município de Pedro Afonso – TO.

partindo das situações acima observadas, que o plantio convencional, uma vez utilizado por todos os produtores de soja do município de Pedro Afonso – TO, provocaria um custo ambiental com reposição de nutrientes dos solos de R\$ 169.415,50 (cenário 1). Já, se todos os produtores utilizassem plantio direto esse custo ambiental com reposição de nutrientes seria de R\$ 4.294,37 (cenário 2). No entanto, considerando a atual situação do uso do solo no plantio de soja<sup>8</sup> no município de Pedro Afonso, o custo ambiental com reposição de nutrientes é de R\$ 52.827,88 (cenário 3). Dessa forma, os produtores de soja do município de Pedro Afonso – TO, podem gerar um custo ambiental máximo ao usarem o plantio convencional, e um custo ambiental mínimo com o uso do plantio direto.



Fonte – Elaboração própria.



Fonte – Elaboração própria.

É nítida a vantagem ambiental do plantio direto em termos de conservação e manejo dos solos

<sup>8</sup> Ver gráfico 2.

(gráficos 4) . Em Pedro Afonso – TO o valor calculado como custo ambiental foi R\$ 1,41, porém pode chegar a R\$ 0,12, com ampliação da utilização do plantio direto por parte dos produtores de soja (gráfico 5). Entretanto, do ponto de vista econômico, em uma perspectiva de maximização de lucros no curto prazo, os produtores rurais podem preferir a alternativa de ocupar outras áreas na sua propriedade sem fazer o custo de reposição de nutrientes ou mesmo trocar a tecnologia de plantio, por alterações nos preços relativos dos insumos. Adicionalmente, pode ocorrer o desmatamento das reservas florestais legais e das matas ciliares para o uso como lavouras.

### 3.3 - Efeitos externos: os custos do assoreamento para os sistemas de captação de água

Como já foi destacado, existem vários efeitos externos associados ao processo de erosão, sendo o mais significativo o assoreamento dos recursos hídricos. O processo de assoreamento reduz a disposição de recursos hídricos para outros agentes econômicos que compartilham do mesmo recurso ambiental. Dessa forma o processo de erosão causa indiretamente, por exemplo, o aumento no custo de geração de energia elétrica, o aumento no custo da captação de água para o abastecimento urbano e pode reduzir a disposição de recursos hídricos para regiões que necessitam de projetos de irrigação. Nesse artigo a externalidade escolhida para a valoração econômica é constituído pelos efeitos econômicos do processo de erosão sobre o custo de captação de água no município de Pedro Afonso - TO. A função física para a estimativa do total de sedimentos retidos nos córregos, rios e reservatórios é a seguinte (CHAVES ET ALII, 1995)<sup>9</sup>:

$$R = P . E . n . A . p$$

Onde:

<sup>9</sup> Citado por LANDERS, J. N.. O plantio direto na agricultura : o caso do Cerrado. In LOPES, I V; BASTOS FILHO, G S; BILLER, BILLER, D. e BALE, M,. In Gestão ambiental no Brasil – experiência e sucesso.. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1994, p. 8-9.

R – volume de retenção de sedimentos nos recursos hídricos (ton./ano)

P – valor médio de perda do solo (%)

E – taxa de entrega de sedimentos (%)

n – eficiência média de retenção dos sedimentos nos recursos hídricos (%)

A – área estimada pela ocupação de lavouras (ha)

p – volume do solo carreado para os recursos hídricos (%)

Ainda em uma perspectiva comparativa, nas tabelas 9, 10 e 11 têm-se para a cultura da soja os seguintes indicadores para os cenários elaborados.

**TABELA 9 – Estimativa do volume de retenção de sedimentos no Rio Sono com a utilização da tecnologia de plantio convencional no município de Pedro Afonso – TO (cenário 1).**

Cultura	R (ton./ano)	P <sup>2</sup>	E <sup>1</sup> (%)	N <sup>1</sup> (%)	A (ha) <sup>3</sup>	p <sup>1</sup> (%)
	(ton./ano)					
Soja	8.880,00	4,8	50%	50%	37.000	20%

Fonte – Elaborado pelo próprio autor; <sup>1</sup>indicadores técnicos colhidos em SATURNINO e LANDERS (1997); <sup>2</sup> indicadores técnicos colhidos em (CHAVES ET ALII, 1995).

**TABELA 10 – Estimativa do volume de retenção de sedimentos no Rio Sono com a utilização da tecnologia de plantio direto no município de Pedro Afonso – TO (cenário 2).**

Cultura	R	P <sup>2</sup>	E <sup>1</sup> (%)	n <sup>1</sup> (%)	A (ha) <sup>3</sup>	p <sup>1</sup> (%)
	(ton./ano)	(ton./ano)				
Soja	1.665,00	0,9	50%	50%	37.000	20%

Fonte – Elaborado pelo próprio autor; <sup>1</sup>indicadores técnicos colhidos em SATURNINO e LANDERS (1997); <sup>2</sup> indicadores técnicos colhidos em (CHAVES ET ALII, 1995).

**TABELA 11 – Estimativa do volume de retenção de sedimentos no Rio Sono na situação atual de ocupação do solo (plantio direto + convencional) no município de Pedro Afonso – TO (cenário 3).**

Cultura	R	P <sup>2</sup>	E <sup>1</sup> (%)	n <sup>1</sup> (%)	A (ha) <sup>3</sup>	p <sup>1</sup> (%)
	(ton./ano)	(ton./ano)				
Soja	2.738,00	1,48	50%	50%	37.000	20%

Fonte – Elaborado pelo próprio autor; <sup>1</sup>indicadores técnicos colhidos em SATURNINO e LANDERS (1997); <sup>2</sup> indicadores técnicos colhidos em (CHAVES ET ALII, 1995).

Considerando a hipótese de que todo o plantio de soja seja feito pelo método convencional (cenário 1) -grade niveladora - o volume de retenção total estimada no município de Pedro Afonso - TO é de 8.880,00 ton./ano. Medindo as externalidades causadas pelo processo de assoreamento sobre

o sistema de captação de água, estima-se que o custo eventual de remoção do sedimento equivale a R\$ 10,92<sup>10</sup>. Desta forma pode-se calcular os custos ambientais do processo de erosão / assoreamento no município de Pedro Afonso - TO sobre o sistema de captação de água em R\$ 96.969,60 /ano.

Considerando a hipótese de que todo o plantio de soja é feito pelo plantio direto (cenário 2) o volume de retenção total estimada no município de Pedro Afonso - TO é de 1.665,00 ton./ano. Pode-se estimar os custos ambientais do processo de erosão / assoreamento no município de Pedro Afonso - TO sobre o sistema de captação de água em R\$ 18.181,80 / ano.

Considerando a situação atual do município de Pedro Afonso – TO, em que o plantio de soja é feito em 15% da área com plantio direto e 85% com plantio convencional (cenário 3), o volume da retenção total estimada é de 2.738,00 ton/ano. Pode-se estimar que os custos ambientais do processo de erosão/assoreamento no município de Pedro Afonso – TO é de R\$ 29.898,96/ano.

**TABELA 12 - Estimativa do custo ambiental total do processo erosivo no cultivo da soja - Pedro Afonso – TO – 2005.**

<b>Cenários</b>	<b>Custo total de reposição de nutrientes (R\$)</b>	<b>Custo total de reposição para remoção sedimentos em recursos hídricos (R\$)</b>	<b>Custo ambiental total (R\$)</b>
<b>Cenário 1 – custo ambiental máximo</b>	169.415,50	96.969,60	266.385,10
<b>Cenário 2 - custo ambiental mínimo</b>	4.294,37	18.181,80	22.476,17
<b>Cenário 3 – custo ambiental calculado</b>	52.827,88	29.898,96	82.726,84

Fonte – Elaboração própria.

**TABELA 13 - Estimativa do custo ambiental médio do processo erosivo no cultivo da soja - Pedro Afonso – TO – 2005.**

<sup>10</sup> Valor estimado pela SABESP em US\$ 3,90 para a remoção de uma tonelada de sedimentos do fundo dos rios.



<b>Cenários</b>	<b>Custo médio de reposição de nutrientes (R\$ / ha)</b>	<b>Custo médio de reposição para remoção sedimentos em recursos hídricos (R\$ / ha)</b>	<b>Custo ambiental médio (R\$)</b>
<b>Cenário 1 – custo ambiental máximo</b>	4,58	2,62	7,2
<b>Cenário 2 - custo ambiental mínimo</b>	0,12	0,49	0,61
<b>Cenário 3 – custo ambiental calculado</b>	1,43	0,81	2,24

Fonte – Elaboração própria.

A partir do somatório dos efeitos internos e externos do processo erosivo pode-se estimar que os danos ambientais causados pelo processo erosivo nos cenários delimitados no município pesquisado:

1. No cenário 1 – considerando a ocupação total da área destinada ao plantio de soja no município de Pedro Afonso com a utilização do plantio convencional – os custos ambientais totais são de R\$ 266.385,10/ano ou R\$ 7,20 por hectare;
2. no cenário 2 – considerando a ocupação total da área destinada ao plantio de soja no município de Pedro Afonso com a utilização do plantio direto – os custos ambientais totais são de R\$ 22.476,17 / ano ou R\$ 0,61 por hectare;
3. no cenário 3 – considerando o atual estágio de uso do solo para a produção de soja no município de Pedro Afonso (85% plantio direto e 15% plantio convencional) - os custos ambientais totais são de R\$ 82.726,84 / ano ou R\$ 2,24. por hectare.

Entretanto, os impactos ambientais derivados ao processo de erosão dos solos não estão relacionados apenas aos seus efeitos sobre o sistema de captação de água municipal e nem somente pelas perdas de nutriente dos solos. Por essa razão, pode-se inferir que o valor total dos danos ambientais, incluindo valores de opção, quase opção e de existência dos recursos ambientais, são bastante superiores. Também a diferença monetária entre a redução dos danos ambientais com a adoção da tecnologia do plantio direto também são bem mais elevadas.

#### **4) Considerações Finais**

O plantio direto é uma tecnologia em plena expansão nos Cerrados brasileiros. Nos últimos anos, o plantio direto vem tendo grandes evoluções em termos de eficiência econômica através do esforço do institutos de pesquisa do governo, de grandes empresas multinacionais à montante e das associações dos produtores, onde os herbicidas dessecantes vem tendo seus preços reduzidos e as técnicas de manejo estão sendo difundidas em larga escala. Em termos ambientais a técnica do plantio direto apresenta várias vantagens, principalmente, associadas com a redução do processo de erosão dos solos e assoreamento dos recursos hídricos.

No município de Pedro Afonso – TO, particularmente, a tecnologia de plantio direto vem sendo utilizada cada vez mais por produtores de soja. Atualmente, em 85% da área plantada de soja os produtores usam o plantio direto, enquanto somente 15% utilizam a tecnologia convencional. Segundo 42% dos produtores o motivo que os levaram a adoção do plantio direto é a conservação dos solos, já para 29% a preservação ambiental é o principal motivo da escolha dessa tecnologia, por aumentar a eficiência econômica 24% dos produtores escolheram o plantio direto, enquanto 5% acham mais fácil a obtenção de crédito.

Pelos valores medidos nos três cenários considerados ficou evidente que a progressiva adoção do plantio direto representa uma redução nos custos ambientais da produção da soja. Atualmente, no município os custos ambientais da produção da soja são de R\$ 82.726,84 / ano, porém podem ser reduzidos até R\$ 22.476,17 / ano com a ampliação do uso do plantio direto, porém poderiam se ampliar até R\$ 266.385,10/ano, se os produtores somente utilizassem a o plantio convencional.

Assim fica evidenciado que a adoção do plantio direto reduz monetariamente os custos ambientais, sendo recomendáveis políticas que estimulem seu uso por parte dos produtores de soja. Além do mais, a valoração realizada pelo MCR não considerou outras externalidades ambientais negativas causadas pelo uso do plantio convencional, onde o uso ao longo do tempo amplia os impactos ambientais causados pela erosão dos solos, podendo causar a inépcia completa dos solos para qualquer uso econômico ou natural e a perda de vazão e da qualidade dos recursos hídricos, o que demonstraria ainda uma maior vantagem ambiental e econômica do uso do plantio direto.

## 5) Referências Bibliográficas

- CAMPANHOLA, C.L.; Alfredo J.; RODRIGUES, G.S. **Agricultura e impacto ambiental**. I Simpósio sobre os Cerrados do Meio-norte. Teresina, 09, a 12 dez., 1997 (Embrapa), 159-168.
- CHAVES, H.M.L. Efeitos do plantio direto sobre o meio ambiente. In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Goiânia: 1997. p.57-66.
- COLOZZI NETO, F A. **Solo sob plantio direto**. Londrina: EMBRAPA, 1997. 235p.
- CUNHA, A. S. (coord.) **Uma Avaliação da Sustentabilidade da Agricultura nos Cerrados. Relatórios de Pesquisa, Brasília**. IPEA, fev. 1994. 256 p.
- CUNHA, G. **Plantio direto**. 39.ed. São Paulo: IEA, 1997. 28p.
- DAROLT, M.R. **Plantio direto: pequenas propriedades sustentáveis**. Londrina: IAPAR, 1998. 255p.
- EATON, B. C. e EATON, D. F. **Microeconomia**. São Paulo: Saraiva, 1999. 606 p.
- ERVIN C. e ERVIN D., 1982. **Factors affecting the use of soil conservation practices: Hypotheses, evidence and policy implications**. Lands Economics, Vol 58, NE pp. 277-292.
- FIELD, Barry C. **Economía Ambiental – Uma Introducción**. Colômbia, McGrawHill, 1995. 587 p.
- HIRCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. São Paulo: Atlas, 1989. p. 151-164.
- IBGE. **Banco de dados agregados (SIDRA)**. 2005. (www.ibge.gov.br)
- LANDERS, J.N.; TEIXEIRA, S.M.; MILHOMEN, A. Possíveis impactos técnica de plantio direto sobre a sustentabilidade da produção de grãos nos Cerrados In: **32º Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**. 1994, p.199-813.
- LANDERS, J.N. O plantio direto na agricultura: o caso do Cerrado. In: LOPES, Ignez V.; FILHO, Guilherme S.B.; BTLLER, Dan; BALE, Malcolm. **Gestão Ambiental no Brasil**. Rio de Janeiro, 1996, p.4-24.

LUTZ, E., PAGIOLA, S e REICH, C. The costs and benefits of soil conservacion: the farmers viewpoint. In: **The World Bank Research Observer**, vol. 9, nº 2 (july, 1994), p. 273-95.

MARQUES, João Fernando. Custos da erosão do solo em razão dos efeitos internos e externos à área da produção agrícola. In: **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol. 36, nº 1, jan. / mar. Brasília: SOBER, 1998.

MCCONNELL K., 1983. An economic model of soil conservation. In: **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. NE. pp. 83-89.

MUELLER,C.C. Centro-Oeste: Evolução, Situação Atual e Perspectivas de Desenvolvimento Sustentável. In: VELLOSO,J. R. (org.). **Fórum Nacional como Evitar uma Nova "Década Perdida" A Ecologia e o Novo Padrão de Desenvolvimento no Brasil**. Rio de Janeiro, 1991, p.88-125.

\_\_\_\_\_. **De grão em grão o Cerrado perde o espaço**. Brasília: WWF, 2001.

MUZILLI, O . Atualização em plantio direto. In: FRANCIELI, A L.; VIDAL ,P. **Plantio direto no Brasil**. Campinas: CARGILL, 1985. p. 3-53.

NOGUEIRA, Jorge M. e Marcelino A. A. de MEDEIROS. "**Quanto vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente**". XXV Encontro Brasileiro de Economia (ANPEC). Recife, dezembro, 1997, 20p.

PAGIOLA S., 1993. **Soil conservation and the sustainability of agricultural production**. Dissertation submitted to the Food Research Institute and the Committee on Graduate Studies of Sanford University, in partial fulfillment of the requirements for degree of Doctor of Philosophy.

PYNDICK, Robert e RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. São Paulo, Makron Books, 1994. 968 p.

RODRIGUES, Waldecy. Avaliação econômica dos impactos econômicos da produção agrícola nos Cerrados brasileiros. In: **37º Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**. 1999.

\_\_\_\_\_. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de cerrados. In: **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol. 43 nº 1, jan. / mar. Brasília: SOBER, 2005.

ROMANO, P.A. Plantio direto e recursos hídricos. In: SATURNINO,H. M; LANDERS J.N. **O meio ambiente e o plantio direto** . Goiânia: 1997. p.75-82.

SATURNINO,H. M; LANDERS J.N. **O meio ambiente e o plantio direto** . Goiânia: EMBRAPA, 1997. 116 p.

SAMAH, H M; LANDERS, J N. A economia do plantio direto. In: DAROLT, M.R. **Plantio direto: pequenas propriedades sustentáveis**. Londrina: IAPAR, 1998. 255p.

SERÔA DA MOTTA, R. Análise de custo-benefício do meio ambiente. In: Margulis, S. **Meio Ambiente: aspectos teóricos e econômicos**. Rio de Janeiro, IPEA: Brasília, IPEA/PNUD, 1999. p. 109-134.

SHIKI,S. Sistema agroalimentar no Cerrado brasileiro: caminhado para o caos? In: SHIKI, S.; SILVA, J. Graziano. **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado brasileiro**. Uberlândia, 1997, p,101-152.

VASCONCELLOS M. A . S. e OLIVEIRA, R G. **Manual de microeconomia**. São Paulo: Atlas, 2000. 327 p.