

## **Análise custo/benefício ambiental da produção de soja em áreas de expansão recente nos cerrados brasileiros: o caso de Pedro Afonso – TO.**

Recebimento dos originais: 25/02/2009  
Aceitação para publicação: 06/09/2009

### **Waldecy Rodrigues**

Pós-Doutor em Economia pela UnB  
Instituição: Universidade Federal do Tocantins  
Endereço: Campus de Palmas – Bloco III – Sala 31 Pamas/TO.  
CEP: 77.001-090.  
E-mail: [waldecy@terra.com.br](mailto:waldecy@terra.com.br)

### **Gislane Ferreira Barbosa**

Mestranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela UFT  
Instituição: Universidade Federal do Tocantins  
Endereço: Campus de Palmas – Bloco III – Sala 31 Pamas/TO.  
CEP: 77.001-090.  
E-mail: [gislaneferr@gmail.com](mailto:gislaneferr@gmail.com)

### **Alívio Almeida**

Doutor em Economia Aplicada pela ESALQ/USP  
Instituição: Universidade Federal do Tocantins  
Endereço: Campus de Palmas – Bloco III – Sala 31 Pamas/TO.  
CEP: 77.001-090.  
E-mail: [alivinioalmeida@uol.com.br](mailto:alivinioalmeida@uol.com.br)

### **Resumo**

Este artigo tem como objetivo realizar uma análise custo – benefício ambiental das tecnologias de plantio em áreas de expansão recente nos cerrados brasileiros, tendo como estudo de caso o município de Pedro Afonso – TO. Para a avaliação da eficiência econômica e eficácia ambiental da cultura da soja utiliza-se o método da Análise Custo-Benefício Ambiental (ACBA), considerando aspectos de rentabilidade econômica e sustentabilidade ambiental das tecnologias agrícolas em abordagem. Com isso os indicadores de eficiência econômica da produção de soja em Pedro Afonso - TO ficou demonstrado que as tecnologias de plantio em análise são economicamente eficientes, porém com nítida vantagem econômica para o plantio direto. Ademais, os custos ambientais do plantio direto são bastante inferiores que o plantio convencional, o que leva a melhores indicadores de custo-benefício ambiental do plantio direto.

**Palavras chaves:** Análise custo-benefício ambiental, Soja, Plantio direto.

## 1. Introdução

Com a expansão da fronteira agrícola a partir da década de 70, a região dos Cerrados brasileiros passou a ser sistematicamente ocupada 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 associado ao esgotamento de áreas produtoras tradicionais, outras glebas nos Cerrados foram intensivamente ocupadas para produção de soja, com destaque para Luís Eduardo Magalhães-BA, Balsas - MA e Pedro Afonso - TO.

O modelo tecnológico dominante na exploração agrícola dos cerrados é alicerçado no pacote tecnológico da “Revolução Verde”, profundamente dependente de insumos modernos (máquinas e agrotóxicos). Este modelo, responsável pela expansão da produção de *commodities* para os mercados interno e, principalmente, externo, aplicado em grandes extensões de terra tem gerado vários benefícios econômicos, mas por outro lado, tem provocado sérios problemas ambientais e sociais.

Desta forma, faz-se necessário realizar análises sobre a sustentabilidade deste modelo tecnológico de produção adotado nos Cerrados brasileiros e, assim, mensurar os benefícios e as desvantagens da expansão agrícola nessa região, que poderão ser úteis para fins de promoção de políticas agrícola e ambiental, promovendo e divulgando uma prática agrícola sustentável economicamente e favorável ao meio ambiente.

A sustentabilidade na atividade agrícola está diretamente relacionada com os impactos ambientais, econômicos e sociais provocados pela utilização das tecnologias agrícolas. A discussão sobre o desenvolvimento rural sustentável passa fundamentalmente pela análise das escolhas técnicas feitas pelos produtores rurais e seus efeitos sobre a eficiência da produção e as externalidades ambientais (RODRIGUES, 2002).

Desse modo, é de extrema importância que o produtor agrícola, responsável pela escolha da tecnologia ser utilizada, contemple um modelo tecnológico que seja eficiente e rentável economicamente, mas que, também, seja social e ambientalmente sustentável. Diante disso, questiona-se: é provável a adoção de uma técnica de plantio que gere menos impacto ao meio ambiente e que também seja eficiente economicamente?

Este artigo tem como objetivo realizar uma análise custo – benefício ambiental da produção de soja em áreas de expansão recente nos Cerrados brasileiros, tendo o município de Pedro Afonso – TO como estudo de caso, levando em consideração as tecnologias de plantio disponíveis – plantio convencional e o plantio direto. Pretende-se problematizar a relação

entre eficiência na combinação de insumos e seus custos privados com a geração de externalidades ambientais.

## 2. Metodologia

Para a avaliação da eficiência econômica e eficácia ambiental da cultura da soja utiliza-se o método da Análise Custo-Benefício Ambiental (ACBA), considerando aspectos de rentabilidade econômica e sustentabilidade ambiental das tecnologias agrícolas em abordagem.

A Análise Custo-Benefício (ACB) é uma técnica econômica que tem como propósito comparar os benefícios de um empreendimento, notadamente suas receitas geradas, com os seus custos. Trata-se de uma forma racional de decidir se determinado empreendimento é viável ou não em determinadas condições de mercado.

Neste trabalho, primeiramente são levantados os custos e os benefícios privados para a produção de soja, sendo calculadas a Relação Benefício/Custo (B/C), Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Nesse momento têm-se as condições de viabilidade econômica financeira segundo os interesses do investidor privado. A B/C é um primeiro indicador de viabilidade econômico-financeiro do empreendimento, sendo maior que 1 (um) é viável e menor que 1 (um) indica inviabilidade econômica. O VPL pode também ser menor que zero indicando inviabilidade, igual a zero indicando indiferença e maior que zero indicando viabilidade econômica. Já a TIR é uma medida relativa para escolha de alternativas, mas também deve ser superior a taxa mínima de atratividade do investimento (k). A partir do conjunto dos indicadores (B/C, VPL e TIR) é possível hierarquizar as alternativas de investimentos.

### Equação 1 – Relação Benefício-Custo (B/C)

$$B/C = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} / \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}$$

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

i = taxa de juros.

### **Equação 2 - Valor Presente Líquido (VPL)**

$$\text{VPL} = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - I$$

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

i = taxa de juros;

I = investimento inicial.

### **Equação 3 - Taxa Interna de Retorno (TIR)**

$$\sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+TIR)^j} = I$$

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

I = investimento inicial;

TIR = Taxa interna de retorno.

Em segundo lugar, são calculados os custos ambientais, nesse caso com os efeitos da erosão dos solos e do assoreamento dos recursos hídricos. O método escolhido para a valoração dessas externalidades ambientais foi o Método Custo-Reposição (MCR). O Método Custo de Reposição (MCR), baseia - se no custo de reposição ou restauração do recurso ambiental danificado, onde este custo pode ser entendido como uma medida de seu benefício. Este foi utilizado empiricamente a partir dos seguintes procedimentos:

- I. Valoração econômica dos efeitos do processo erosivo no custo de reposição de nutrientes dos solos nas tecnologias de plantio abordadas. Os custos internos do processo de erosão devem ser calculados utilizando-se as perdas de solo por cultura transformada 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):

#### **Equação 4 - Custos internos do processo erosivo**

$$\text{Custos internos} = Q_n (P_n + C_a) + (P_p * Q_p),$$

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)

- II. Valoração econômica dos efeitos do processo de assoreamento dos recursos hídricos nas tecnologias de plantio abordadas no custo de reposição para companhia de saneamento. 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. Nessa pesquisa 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 equação para a estimativa do total de sedimentos retidos nos córregos, rios e reservatórios é a seguinte (CHAVES ET AL. 1995):

#### **Equação 5 – Cálculo do assoreamento de recursos hídricos**

$$CE = R \cdot CRem.$$

Sendo:

$$R = P \cdot E \cdot n \cdot A \cdot p$$

Onde:

CE – Custos externos

CRem – Custos unitários com a remoção dos sedimentos (R\$/ton.)

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 carregado para os recursos hídricos (%)

Por fim, a partir da mensuração dos impactos ambientais é possível adicioná-los ao fluxo de caixa e calcular novos indicadores para avaliar conjuntamente eficiência econômica e eficácia ambiental. Com isso, tem-se o Benefício-Custo Ambiental (B/C<sub>[a]</sub>), Valor Presente Líquido Ambiental (VPL<sub>A</sub>) e Taxa Interna de Retorno Ambiental (TIRA). A partir destes indicadores é possível comparar as alternativas de plantio (convencional e direto), não somente pela ótica do investidor privado, mas incluindo os interesses da sociedade na preservação dos solos e dos recursos hídricos.

#### **Equação 6 – Relação Benefício-Custo Ambiental (B/C<sub>[a]</sub>)**

$$B/C_{[a]} = \sum_{j=0}^n \frac{(R_j + B_a)}{(1+i)^j} / \sum_{j=0}^n \frac{(C_j + C_a)}{(1+i)^j}$$

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

B<sub>a</sub> = benefícios ambientais;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

C<sub>a</sub> = custos ambientais;

i = taxa de juros.

#### **Equação 7 - Valor Presente Líquido Ambiental (VPL<sub>A</sub>)**

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(R_j + B_a) - (C_j + C_a)}{(1+i)^j} - I$$

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

B<sub>a</sub> = benefícios ambientais;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

C<sub>a</sub> = custos ambientais;

i = taxa de juros;

I = investimento inicial.

#### **Equação 8 - Taxa Interna de Retorno Ambiental (TIRA)**

$$\sum_{j=0}^n \frac{(R_j + B_a) - (C_j + C_a)}{(1+TIRA)^j} = I$$

Onde:

R<sub>j</sub> = receitas do período j;

B<sub>a</sub> = benefícios ambientais;

C<sub>j</sub> = custos do período j;

C<sub>a</sub> = custos ambientais;

I = investimento inicial;

TIRA = Taxa interna de retorno ambiental.

### 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 implantada no município a terceira etapa do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER III). O PRODECER III ocupou uma área de 40.000 hectares, onde foram assentadas 40 (quarenta) famílias de colonos de vários estados brasileiros, em glebas individuais de 980 (novecentos e oitenta) hectares.

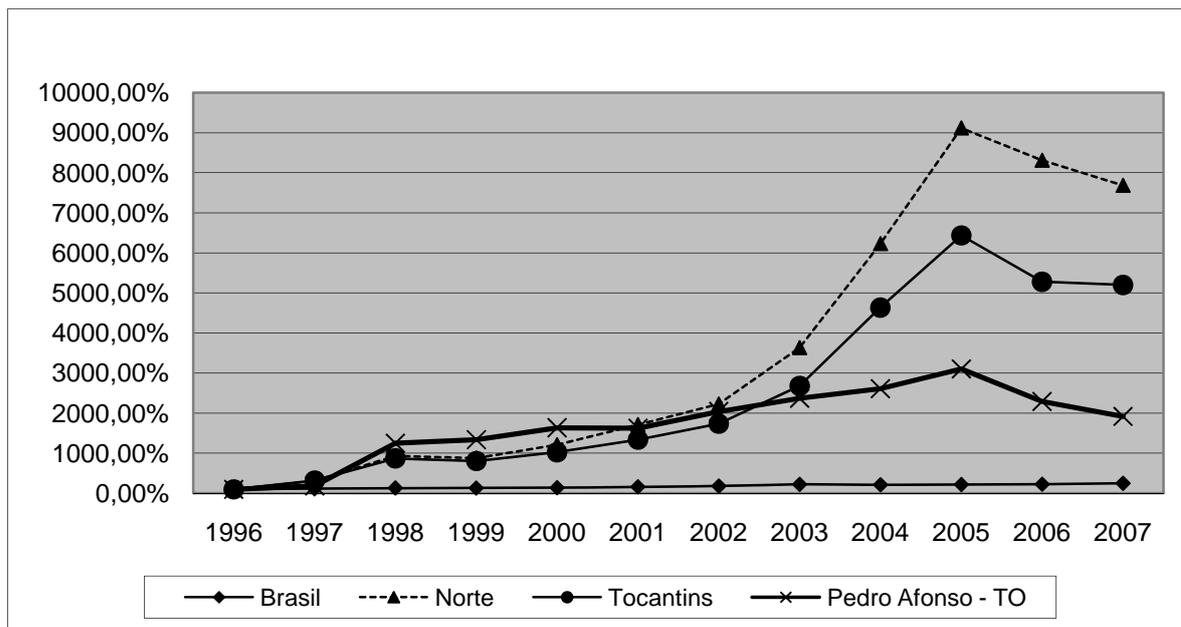
No ano de 2007, no município de Pedro Afonso – TO foram registrados 35.000 hectares destinados a plantação de soja, com uma produção de 73.500 toneladas é o segundo maior produtor de soja do estado do Tocantins. Entretanto, a produtividade da soja no município (2.100 kg/ha.), é menor que a média brasileira (2.813 kg/ha.) e a estadual (2.406 kg/ha.) (Tabela 1).

**TABELA 1 – Comparação da quantidade produzida de soja - 2007**

Abrangência geográfica	Quantidade produzida (Ton)	Área Plantada (ha)	Produtividade (kg. / ha)
Brasil	57.857.172	20.571.393	2.813
Região Norte	1.167.287	455.075	2.565
Tocantins	731.672	304.096	2.406
Pedro Afonso – TO	73.500	35.000	2.100

Fonte – IBGE (2009)

A Figura 1 demonstra que entre 1996 /2007 o Brasil, a Região Norte, o estado do Tocantins e o município de Pedro Afonso - TO apresentaram uma evolução de, respectivamente, 149,74%, 7.583,56%, 5.097,64% e 1.820,06% da quantidade produzida de soja. Dessa forma, percebe-se que taxa de crescimento da 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 apresenta ecossistemas bastante frágeis para esse tipo de exploração agrícola.



**Figura 1- Evolução da quantidade produzida de soja (Ano 1996 = 100)**

Fonte – IBGE (2009)

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 agronômicas 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 2, pode-se constatar que no início da década de 1990 a área destinada para plantio direto nos cerrados brasileiros correspondia 8,7% do total destinado em todo o Brasil. Já em 2006 essa área subiu para 28,22%. Nesse mesmo período (1990/2006), enquanto a área brasileira destinada para o plantio direto crescia 25,5 vezes nos Cerrados brasileiros cresceu cerca de 83 vezes.

**TABELA 2 – Evolução da área plantada em plantio direto (em ha)**

Ano agrícola	Cerrados	Brasil
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
2004/05	6.663.771	23.612.645
2005/06	7.196.656	25.501.656

Fonte – Fundação ABC - Citada por LANDERS (1996), p. 14. FEBRAPD (2009).

Entre 1990/2006, houve uma expansão de 8.172% na área plantada nos cerrados com a utilização da tecnologia do plantio direto, em contrapartida com uma expansão de 2.450% na área plantada no Brasil (Tabela 2). 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) ressaltam 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. - Análise Custo - Benefício Privada da Produção de Soja no Município de Pedro Afonso – TO**

A seguir são detalhados os custos de produção de soja no município de Pedro Afonso – TO na safra 2005/2006. Os custos de produção com o uso do plantio convencional são 15,44% maiores que os custos com o uso do plantio direto. Os dados mostram que o sistema de plantio convencional se comparado ao plantio direto apresenta o dobro de gastos com preparação de solo, sendo esta a maior diferença entre as duas tecnologias de plantio, por outro lado apresenta custos inferiores com insumos (-2,75%), principalmente com o uso de dessecantes (Tabela 3).

**Tabela 3 - Custo médio de produção de soja no plantio convencional e no plantio direto no município de Pedro Afonso – TO na safra de 2005/2006.**

<i>ITENS</i>	<i>Plantio Convencional (R\$/ha)</i>	<i>Plantio Direto (R\$/ha)</i>
<b>1. Insumos</b>	<b>740,10</b>	<b>760,44</b>
Inseticida	55,88	55,88
Fungicida	61,86	61,86
Fertilizantes	293,67	293,67
Calcário	80,00	80,00
Semente	68,85	68,85
Inoculante	3,75	3,75
Tratamento c/ semente	23,35	23,35
Herbicidas (incluindo dessecantes)	152,74	173,08
<b>2. Operações hora/maq.</b>	<b>391,50</b>	<b>195,00</b>
Aplicação de calcário	7,50	7,50
Aplicação de dessecante	-	6,00
Grade aradora	135,00	-
Grade niveladora	67,50	-
Plantio	36,00	36,00
Aplicação de herbicidas	6,00	6,00
Aplicação cobertura	7,50	7,50
Aplicação 1º inseticida	6,00	6,00
Aplicação de fungicida	6,00	6,00
Aplicação 3º inseticida	6,00	6,00
Aplicação de dessecante	6,00	6,00
Colheita	200,00	108,00
<b>3. Pós colheita</b>	<b>96,00</b>	<b>96,00</b>
Transporte	45,00	45,00
Recebimento	51,00	51,00
<b>4. Mão de obra</b>	<b>89,20</b>	<b>89,20</b>
Mão de obra permanente	81,20	81,20
Mão de obra temporária	8,00	8,00
<b>TOTAL (1+2+3+4)</b>	<b>1.316,80</b>	<b>1.140,64</b>

Fonte: Cooperativa Agropecuária de Pedro Afonso – COAPA (2006). Dados trabalhados pelo autor.

Conforme a Análise Custo-Benefício Privada (ACB) da produção da soja no município de Pedro Afonso – TO fica demonstrada que as tecnologias de plantio em análise – plantio direto e plantio convencional - são economicamente eficientes. As duas tecnologias de plantio são viáveis economicamente, pois o (B/C) é maior que 1, satisfazendo esta condição de viabilidade econômica. Considerando o Valor Presente Líquido (VPL), verifica-se que o benefício médio anual descontado do plantio convencional é de (R\$ 2.305), no plantio direto é

de (R\$ 3.260). Já na Taxa Anual Interna de Retorno Descontada (TIR<sub>[desc]</sub>), no plantio convencional obteve-se 1,1% e no plantio direto 2,7%. Considerando a síntese dos indicadores econômicos - financeiros, verifica-se que em ambas as tecnologias de plantio são viáveis, porém com nítida vantagem econômica para o plantio direto (Tabela 4).

**Tabela 4 – Análise custo-benefício privada da produção de soja/ha/ano.**

ANOS	PLANTIO CONVENCIONAL		PLANTIO DIRETO	
	CUSTOS	BENEFÍCIOS	CUSTOS	BENEFÍCIOS
0	-903,04		-903,04	
1	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
2	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
3	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
4	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
5	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
6	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
7	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
8	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
9	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
10	1.316,80	1.575,45	1.140,64	1.575,45
<b>TOTAL DO FLUXO DE CAIXA</b>	<b>12.264,96</b>	<b>15.754,50</b>	<b>10.503,36</b>	<b>10.350,00</b>
<b>TOTAL DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO</b>	<b>6.233,68</b>	<b>8.538,54</b>	<b>5.278,94</b>	<b>8.538,54</b>
<b>BENEFÍCIO CUSTO (B/C)</b>		<b>1,37</b>		<b>1,62</b>
<b>VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)</b>		<b>2.305</b>		<b>3.260</b>
<b>TIR ANUAL</b>		<b>2,3%</b>		<b>3,9%</b>
<b>TIR ANUAL DESCONTADA</b>		<b>1,1%</b>		<b>2,7%</b>

Fonte – Elaborado pelo autor.

Total dos fluxos de caixa descontado a uma taxa de 13,30% a.a. (Juro real – Julho/2006)

Os indicadores econômicos mais favoráveis ao plantio direto revelados nesse trabalho corroboram com a tendência que começou a ser observada a partir da década de 1990. Na avaliação de CUNHA (1989) até o final da década de 80 o plantio direto era considerado praticamente inviável economicamente para os Cerrados, a não ser em uma situação de muito longo prazo, nesse período o plantio direto tinha custos superiores ao plantio convencional. No cultivo da soja o plantio direto apresentava custos 6% superiores ao plantio convencional. Já na avaliação de LANDERS (1996) o plantio direto demonstrava custos superiores na ordem de 2,4% ao plantio convencional. Enquanto RODRIGUES (1999) reforça a tendência do aumento da eficiência econômica do plantio direto com relação ao plantio convencional, com uma grande proximidade nos custos de produção da soja nas duas técnicas de manejo dos

solos, sendo que no plantio direto os custos são superiores ao plantio convencional em apenas 0,47%. Em suma, ao longo da década de 90 foi constatada uma evolução da eficiência econômica do plantio direto com ao convencional. Durante este período o plantio direto foi tendo seus custos reduzidos, principalmente, pela redução do preço dos herbicidas dessecantes.

### **3.3. Custos ambientais do plantio da soja**

Para realizar a análise custo-benefício ambiental do plantio convencional e do plantio direto, é necessário antes calcular os custos ambientais gerados pelo processo erosivo. Os efeitos do processo erosivo serão divididos em internos e externos (estes relacionados ao processo de assoreamento aos recursos hídricos).

#### **3.3.1. Custos ambientais com os efeitos internos do processo de erosão dos solos**

Utilizando-se o Método Custo-Reposição verifica-se que se todos os produtores de soja do município de Pedro Afonso – TO utilizarem a tecnologia do plantio convencional tem-se um custo anual com reposição de nutrientes de R\$ 169.415,50, ou seja, um valor médio de R\$ 4,58 por hectare. Por outro lado se todos os produtores do município utilizar a tecnologia do plantio direto 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 (Tabelas 5 e 6).

**TABELA 5 – Estimativa do valor econômico das perdas de solo no cultivo da soja com o uso do Plantio Convencional no município de Pedro Afonso – TO.**

<i>Nutrientes</i>	<i>Concentração de nutrientes no solo (%)<sup>1</sup></i>	<i>Perdas de nutrientes (ton.)</i>	<i>Fertilizantes</i>	<i>Kg. Fert./kg nutrientes<sup>1</sup></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	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).

**TABELA 6 – 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	-	-	-	-	-	<b>4.294,37</b>

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

### 3.3.2. Custos ambientais com o assoreamento de recursos hídricos

Considerando o cenário de que todo o plantio de soja seja feito pelo método convencional (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. 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. Por outro lado, considerando o cenário de que todo o plantio de soja é feito pelo plantio direto o volume de retenção total estimada no município de Pedro Afonso - TO é de 1.665,00 ton./ano. Podem-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 (Tabela 7).

**TABELA 7 – 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> (ton./ano)	E <sup>1</sup> (%)	N <sup>1</sup> (%)	A (ha) <sup>3</sup>	p <sup>1</sup> (%)	CRem.	CE
PC	8.880,00	4,8	50%	50%	37.000	20%	10,92	96.969,60
PD	1.665,00	0,9	50%	50%	37.000	20%	10,92	18.181,80

PC – Plantio Convencional; PD – Plantio Direto.

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 AL. 1995).

### 3.3.3. Custos ambientais totais

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. No cenário 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. No cenário 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 (Tabela 8).

**TABELA 8 - Estimativa do custo ambiental total do processo erosivo no cultivo da soja - Pedro Afonso – TO – 2005/2006.**

Tecnologias de Plantio	Custo reposição de nutrientes (R\$)		Custo de reposição para remoção sedimentos em recursos hídricos (R\$)		Custo ambiental (R\$)	
	Total	Por hectare	Total	Por hectare	Total	Por hectare
Plantio Convencional	<b>169.415,50</b>	<b>4,58</b>	<b>96.969,60</b>	<b>2,62</b>	<b>266.385,10</b>	<b>7,2</b>
Plantio Direto	<b>4.294,37</b>	<b>0,12</b>	<b>18.181,80</b>	<b>0,49</b>	<b>22.476,17</b>	<b>0,61</b>

Fonte – Elaboração própria. 1 Resultado dos custos total e médio com reposição de nutrientes e com reposição para remoção de sedimentos em recursos hídricos

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.

### **3.4. Análise Custo Benefício Ambiental (ACBA) da Produção de Soja no Município de Pedro Afonso – TO**

A produção de soja no município de Pedro Afonso - TO com a utilização do plantio convencional gera um custo social de R\$ 1.323,41 por hectare / ano, sendo R\$ 1.316,80 de custo privado e R\$ 6,61 de custo ambiental. No plantio direto, o cultivo da soja gera um custo social de R\$ 1.141,14 por hectare / ano, sendo R\$ 1.140,64 de custo privado e R\$ 0,50 de

custo ambiental (Tabela 9).

**TABELA 9 - Estimativa do custo social médio do cultivo da soja - Pedro Afonso – TO.**

Cenários	Custo privado de produção (R\$/ha)	Custo ambiental médio <sup>1</sup> (R\$/ha)	Custo social médio (R\$/ha)
Plantio Convencional	1.316,80	6,61	1.323,41
Plantio Direto	1.140,64	0,50	1.141,14

Fonte – Elaboração própria. 1 Resultado da soma do custo médio com reposição de nutrientes mais o custo médio com reposição para remoção de sedimentos em recursos hídricos.

Em termos de análise custo-benefício ambiental, ou seja, depois de adicionados aos custos privados de produção os custos ambientais, pode ser verificada a eficiência social da produção de soja no município estudado. O índice B/C (ambiental) é maior que 1 nos dois cenários de produção, o que demonstra viabilidade ambiental das tecnologias de plantio disponíveis. Observando o VPL (ambiental) e a TIR (ambiental), pode-se inferir que o cenário de produção mais eficiente do ponto de vista social, ou seja, o cenário que proporciona o maior retorno econômico para o produtor e menores custos ambientais é o plantio direto (Tabela 10).

**TABELA 10 – Análise custo-benefício ambiental na produção de soja/ha/ano (preço médio real histórico).**

ANOS	PLANTIO CONVENCIONAL		PLANTIO DIRETO	
	CUSTOS <sup>2</sup>	BENEFÍCIOS	CUSTOS <sup>2</sup>	BENEFÍCIOS
0	-903,04		-903,04	
1	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
2	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
3	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
4	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
5	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
6	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
7	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
8	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
9	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
10	1.323,41	1.575,45	1.141,14	1.575,45
<b>TOTAL DO FLUXO DE CAIXA</b>	<b>12.331,06</b>	<b>15.754,50</b>	<b>10.508,36</b>	<b>10.350,00</b>
<b>TOTAL DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO<sup>1</sup></b>	<b>6.269,50</b>	<b>8.538,54</b>	<b>5.281,65</b>	<b>8.538,54</b>
<b>B/C [a]</b>	<b>1,36</b>		<b>1,62</b>	
<b>VPLA</b>	<b>2.269</b>		<b>3.257</b>	
<b>TIRA Anual Descontada</b>	<b>1,0%</b>		<b>2,7%</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>1</sup>Total dos fluxos de caixa descontado a uma taxa de 13,30% (Juro real - julho / 2006).

<sup>2</sup> Incluem o somatório dos custos privados e os custos ambientais.

Sintetizando, a adoção do plantio direto por todos os produtores de soja no município de Pedro Afonso – TO gera o maior nível de eficiência econômica e, coincidentemente, o maior nível de eficiência social.

#### 4. Considerações Finais

A evolução da soja nos últimos anos esteve intimamente ligada ao redirecionamento dessa cultura no Brasil. As lavouras de soja estão se transferindo de regiões tradicionais no plantio (região Sul), para novas fronteiras agrícolas (regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste). Com destaque para Região Norte, em especial ao estado do Tocantins, que apresenta taxas crescentes na produção e na área ocupada no período de 1994 a 2007.

O plantio direto desde o início da década de 1990, cada vez mais se aproximava dos custos do plantio tradicional, já neste trabalho o plantio direto demonstrou custos de produção (13,4%) menores que o plantio convencional. Isso confirma a tendência de uma adoção cada vez maior do plantio direto no Brasil e na região dos Cerrados.

Desse modo, os indicadores de eficiência econômica da produção de soja em Pedro Afonso - TO, demonstram que as tecnologias de plantio em análise – plantio direto e plantio convencional - são economicamente eficientes, porém com nítida vantagem econômica para o plantio direto.

Ademais, os custos ambientais do plantio direto são bastante inferiores ao plantio convencional, o que leva a melhores indicadores de custo-benefício ambiental. Observando o VPL (ambiental) e a TIR (ambiental), pode-se inferir que o cenário de produção mais eficiente do ponto de vista social, ou seja, o cenário que proporciona o maior retorno econômico para o produtor e menores custos ambientais é o plantio direto.

Como agendas futuras de pesquisa sugerem-se aplicar a metodologia da Análise Custo Benefício Ambiental, para discutir comparativamente o uso de modalidades da soja transgênica em comparação com formas tidas como mais sustentáveis, visando uma ampla discussão envolvendo aspectos relacionados à eficiência econômica e a eficácia ambiental.

## 5. Referências Bibliográficas

ABREU, H. S. *Os impactos Sócio-Econômicos do PRODECER III no Município de Pedro Afonso-TO*. Unitins, Palmas, 2002.125 p.

BUARQUE, C. *Avaliação econômica de projetos*. Rio de Janeiro, Campus, 1989. 266 p.

BNDES. *Panorama do complexo soja*. In: Estudos e publicações. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br/> >. Acesso em: 22 Ago.2006.

COTRIEL – Cooperativa Tritícola dês Espumoso Ltda. – “*Preço da soja nos últimos anos*”. Disponível em: < [www.cotriel.com.br/Site13.htm](http://www.cotriel.com.br/Site13.htm) > Acesso em: Julho de 2006.

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.

**Custos e @gronegocio on line** - v. 5, n. 2 – Mai/Ago - 2009.  
[www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

ISSN 1808-2882

*De grão em grão o Cerrado perde o espaço.* Brasília WWF, 2001 Disponível em <http://www.bdt.fat.org.br/cerrado/dominio/>

EMBRAPA SOJA – *Tecnologias de Produção de soja: Região central do Brasil 2003.* Disponível em: [www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br](http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br) .Acesso em: Maio de 2006.

EXPERT – Engenharia Ambiental, Projetos e Serviços. *Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA para o Projeto de Colonização de Pedro Afonso – Estado do Tocantins,* 1996.

FAO – *Food and Agriculture Organization.* Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org) . Acesso em: Julho de 2006.

FONSECA, S. M.; DRUMMOND, J. A. *The existence value of a tropical coastal ecosystem through predisposition to voluntary work. Ambient. soc.,* 2003, vol.6, no.1, p.85-107. ISSN 1414-753X.

GOBBI, W. A. O. *Modernização agrícola no Cerrado mineiro: os programas governamentais da década de 1970.* Uberlândia: UFU, fev.2004. Disponível em < [http://www.ig.ufu.br/revista/volume11/artigo09\\_vol11.pdf](http://www.ig.ufu.br/revista/volume11/artigo09_vol11.pdf) >. Acesso em: Março de 2006.

IBGE. *Banco de dados agregados (SIDRA).* Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: Junho de 2006.

IBGE. *Banco de dados agregados (SIDRA).* Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: Fevereiro de 2009.

LANDERS, J.N.; TEIXEIRA,S.M.;MILHOMEN,A. Possíveis impactos da técnica de plantio direto sobre a sustentabilidade da produção de grãos nos cerrados. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL,32.,* 1994, Brasília: SOBER, 1994. 2 v.

LANDERS, J.N. O plantio direto na agricultura: o caso do Cerrado. In: LOPES, Ignez V.; FILHO, Guilherme S.B.; BTLER, Dan; BALE, Malcolm. *Gestão Ambiental no Brasil*. Rio de Janeiro, 1996, p.4-24.

LANDERS, J.N. *O Plantio direto na agricultura: o caso do Cerrado*. In: LOPES, I. V.; BASTOS FILHO, G.S.; BILLER, D.; BALE, M (Org.). *Gestão ambiental no Brasil*. Rio de Janeiro, FGV, 2001. p.4-25.

MATTOS, K. M. C.; MATTOS, K. M.; MATTOS, A. *Valoração Econômica do Meio Ambiente dentro do Contexto do Desenvolvimento Sustentável*. 13/01/2005. *Gestão Industrial*. v., 2005, vol. 01, nº. 02, p. 109-121. ISSN 1808-0448.

MARQUES, J. F; COMUNE, A.E. *A Teoria Neoclássica e a Valoração Ambiental*. In: ROMEIRO, A.R.; REYDON, B.P.; LEONARDY, M.L.A. (Org.). *Economia do Meio Ambiente*. Campinas, UNICAMP, 2001.24p.

MARQUES, J. F. 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.

MAPA - *Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/> Acesso em Julho de 2006.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - *Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado – PRODECER*. Disponível em: < [http://www.agricultura.gov.br/portal/page?\\_pageid=33,982677&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,982677&_dad=portal&_schema=PORTAL)>

MOTA, J. A. *O valor da Natureza: Economia e políticas dos recursos naturais*. Rio de Janeiro: Garamond, 2001. 200 p.

NOGUEIRA, J.M.; MEDEIROS, M. A. A. de. *Valoração do Meio Ambiente: aspectos teóricos e operacionais*. Disponível em < [www.unb/face/eco/jmn/trabalhos/2000/sbpc2.pdf](http://www.unb/face/eco/jmn/trabalhos/2000/sbpc2.pdf) >  
Acesso em: 14 de Fevereiro de 2006.

PINDICK, R.S.; RUBINFELD, D.L. *Microeconomia*. São Paulo: P. Hall, 2002. 711 p.

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

RODRIGUES, W. *Tecnologias Agrícolas sustentáveis no cerrado*. Brasília: Ministério da Integração Nacional: Universidade Estadual de Goiás, 2002. 86 p.

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

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

SILVA, L. L. *O Papel do Estado no Processo de Ocupação das de Cerrado entre as Décadas de 60 e 80*. Uberlândia: UFU, dez. 2000. Disponível em  
< [www.ig.ufu.br/revista/volume02/artigo02\\_vol02.pdf](http://www.ig.ufu.br/revista/volume02/artigo02_vol02.pdf) >. Acesso em: de Março de 2006.

VARIAN, H. R. *Microeconomia – Princípios Básicos*. Ed. Campus. 1999. 740p.