

Investimentos na aplicação de defensivos agrícolas na região do Médio-Norte do estado Matogrossense

Investments in the application of pesticides in the Mid-North region of the state of Matogrossense

Victor Coelho de Oliveira¹ e Flávio Carlos Dalchiavon^{2,*}

¹Fazenda Eldorado - Engenheiro Agrônomo - Avenida das Acácias 1245 W - Bandeirantes - 78455-000 - Lucas do Rio Verde (MT), Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso-Campus Campo Novo do Parecis, curso de Bacharelado em Agronomia, MT 235, km 12, Zona Rural, 78360-000 Campo Novo do Parecis MT Brasil

(*E-mail: flavio.dalchiavon@cnp.ifmt.edu.br)

<https://doi.org/10.19084/RCA18176>

Recebido/received: 2018.06.16

Recebido em versão revista/received in revised form: 2018.08.16

Aceite/accepted: 2018.10.02

RESUMO

Os procedimentos agrícolas têm evoluído para que sejam mais eficientes, com novas estratégias para diminuir os custos de produção, de modo que a agricultura continue sendo viabilizada. Objetivou-se avaliar qual a melhor opção de investimento para o manejo de aplicação de defensivos agrícolas nas lavouras de um grupo de produtores de compra de insumos agrícolas no médio norte matogrossense. Esse estudo compreende a análise de viabilidade econômica da aplicação dos defensivos via aérea durante o período de um ano safra, da safra da soja a safrinha do milho, utilizando dessa ferramenta em duas maneiras economicamente distintas, com uma aeronave terceirizada e/ou com uma aeronave própria. Ambos os projetos se mostraram viáveis em virtude da redução das perdas de produtividade geradas pela aplicação terrestre (amassamento). No entanto, destaca-se que, comparando economicamente ambos projetos ao longo prazo, a compra da aeronave é um investimento mais interessante, pois como a taxa interna de retorno é maior, depois que o investimento é quitado, aproximadamente no terceiro ano, os retornos econômicos se tornam maiores e mais notáveis que o aluguel da aeronave.

Palavras-chave: amassamento de plantas, aplicação aérea, *Glycine max* L., terceirização agrícola, *Zea mays* L.

ABSTRACT

Agricultural procedures have evolved to be more efficient, with new strategies to decrease the production costs so that agriculture continues to be viable. The objective was to evaluate the best investment option for the pesticide management application in the crops of a farmers' group buyer supplies in the north of the state of Mato Grosso, Brazil. This study includes the economic viability analyses of the aerial spraying during one crop year' season, summer soybean and winter corn, spraying in two economically distinct systems, with an outsourced aircraft and with an own aircraft. Both projects proved positive viabilities thanks to the reduction of injuries losses caused by the tires of the terrestrial equipment over the crops (mechanical damage). However, it is noted that comparing economically both projects over the long term the purchase of the aircraft is a more interesting investment, because as the internal rate of return is higher, after the investment is paid, approximately in the third year, the net present value becomes larger and more remarkable than the rent of the aircraft.

Keywords: plant kneading, aerial application, *Glycine max* L., agricultural outsourcing, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

Os processos gerenciais de uma empresa estão em constantes mudanças, se recriando para que possam ser mais eficientes e a partir da

competitividade, trazer maior margem de lucros e, conseqüentemente, continuar viabilizando o negócio (Pedriali, 2004). A terceirização é uma ferramenta que tem o intuito de agregar

essa maximização dos serviços, pois existe um comprometimento com os resultados (Imhoff e Mortari, 2005) e as responsabilidades social e sindical são divididas, reduzindo o Quadro direto de empregados e obrigações trabalhistas, deixando a cargo da contratada a responsabilidade de contratação, treinamento e admissão do contratado.

É possível dividir os custos operacionais entre ambas as partes, fazendo com que custos fixos se tornem variáveis para o contratante e conseqüentemente a diminuição do capital imobilizado em equipamentos e estrutura, redução de perdas por depreciação e até mesmo dos riscos da atividade, permitindo uma maior agilidade nas decisões, principalmente das atividades meio, deixando para que a empresa se foque na atividade fim, ou principal.

O novo Quadro mundial imposto é para que as empresas sejam mais competentes em seus negócios e a terceirização não é somente uma opção para redução de custos, mas também uma melhoria no processo produtivo e diluição de riscos (Legnaro, 2008; Diniz e Paixão, 2017). Hoje, o agronegócio vive um momento decisivo para se definir quem estará firme e forte nos próximos anos agrícolas, pois vive-se uma estagnação de produtividade, aumento dos custos de produção e na ocorrência de pragas e doenças nas lavouras, grandes riscos climáticos de perda de safra e momento de intervenção de controle dessas pragas e doenças (Castro *et al.*, 2006; Barranqueiro e Dalchiavon, 2017), intensificado pelos problemas operacionais que são as limitações da não compatibilidade entre volume de área e capacidade operacional, além de outros fatores, como a não valorização dos preços de “commodities”, como a soja e o milho, ao longo das últimas décadas em relação à inflação. Logo, como estratégia de aumento da margem de retorno econômico, há a necessidade de ser mais efetivo na redução desses custos de produção (CONAB, 2017).

Devido à grande necessidade em aumentar o porte dos maquinários para atender eficientemente as lavouras dos produtores de todos os portes, as máquinas agrícolas com rodas, além de serem modernizadas, aumentaram sua capacidade de operação (potência) (ECEN, 2010) e conseqüentemente o seu peso e a largura dos rodados para padronização dos aspectos da

engenharia. No entanto, percebe-se que tem sido inevitável que as rodas dos tratores não danifiquem o sistema radicular das plantas e até mesmo seu dossel por onde as mesmas passam. Como exemplo, o pulverizador é utilizado diversas vezes na mesma área para controle de pragas, doenças e erva daninhas, logo, quanto mais passagens do equipamento na área, maiores serão os danos causados à cultura.

A produtividade de grãos de uma lavoura é afetada pelo amassamento causado pelo rodado do trator durante as aplicações terrestres de produtos fitossanitários (Justino *et al.*, 2006; Ludwig *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2014; Costa, 2017; Reis e Zanatta, 2017). Assim, a adoção de práticas que visem reduzir os efeitos do amassamento é necessária. Dentre estas práticas poderia estar incluído o uso de maior largura da barra de pulverização ou a aplicação de produtos fitossanitários por via aérea (Justino *et al.*, 2006; Ludwig *et al.*, 2009).

A aplicação aérea de defensivos agrícolas é uma ferramenta que vai ao encontro da terceirização, destacando-se também pela rapidez (“timing”) e uniformidade da execução da pulverização em relação à aplicação terrestre, operacionalidade em condições de encharcamento do solo, além de vantagens como a redução da perda de produtividade, a qual pode ocorrer em qualquer cultura em que a aplicação terrestre é empregada, causando a compactação do solo e dano mecânico à planta, popularmente chamado de amassamento da lavoura (Vaz, 2017). Esses prejuízos são causados pelo atrito do rodado do pulverizador terrestre na plantação (Águas Claras Aviação Agrícola Ltda., 2012; Oliveira *et al.*, 2014).

Quando se relaciona custos e benefícios da pulverização aérea de defensivos na agricultura, a eficácia da aplicação aérea depende de vários fatores como o tipo da barra de pulverização, altura de voo, volume da calda, ajustamento dos bicos de pulverização, além de sensibilidade à fatores ambientais no momento da aplicação, como a temperatura e a umidade relativa do ar (Cunha *et al.*, 2005; Reis *et al.*, 2010). Ressalta-se que há falta de informações econômicas para o produtor escolher qual tipo de pulverização usar, se a terrestre ou aérea, entretanto, sabe-se em que situações um tipo de aplicação é melhor que o outro, como a de um

herbicida, na qual a via terrestre apresenta melhor eficácia ou a de um fungicida que pode-se obter resultados equivalentes entre ambos, portanto, o produtor deve analisar a viabilidade do uso da aplicação aérea em condições onde se obtém a mesma eficiência de aplicação que a via terrestre (Costa, 2017).

As aplicações de fungicida tem um momento crucial a serem realizadas. Esse momento está entre meados de Outubro até final de Fevereiro, o qual é muito chuvoso no Médio Norte do estado de Mato Grosso e o tempo se torna instável para aplicações, coincidindo com a época de maior proliferação de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja, que tem exigido, em regiões do Brasil onde a sua ocorrência tem sido mais severa, até quatro aplicações de fungicidas para o seu controle (Lobo Junior, 2006), e de outras doenças, como manchas foliares que irão se instalar no final do ciclo, dado ao ambiente favorável ao seu desenvolvimento. Portanto, usa-se uma janela de intervalo de proteção entre as aplicações para manter a planta sadia durante o período de floração até o enchimento dos grãos, protegendo-a da entrada dessas doenças fúngicas de grande importância que irão causar danos às folhas, ramos, vagens e grãos e assim reduzir a produtividade.

Neste contexto, a aplicação aérea neste momento se mostra muito precisa e segura para alcançar o objetivo de se manter a sequência de aplicações em dia, haja vista que uma grande preocupação dos produtores é a limitação e o pouco rendimento de seu autopropelido (40 ha h⁻¹ frente aos 130 ha h⁻¹ da menor aeronave do mercado hoje) para realizar as aplicações durante as poucas horas do dia em que o tempo se estabiliza e torna-se operacionável.

Para custear novos investimentos, existem vários bancos privados e incentivos de bancos governamentais, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) no Brasil, que concedem empréstimos aos agricultores para alavancar seus projetos com taxas de juros adequadas à atividade agrícola. Muitos grupos de agricultores (pequenos e médios) são formados para viabilizar a compra de insumos agrícolas, pois com o aumento do volume de compra é possível obter preços e prazos diferenciados diante das empresas de insumos, portanto, esses agricultores

obtêm condições semelhantes às de um grande produtor.

Os grupos de compras estão se organizando para ampliar o seu domínio sobre o processo de produção de suas culturas para assim também sujeitar-se menos aos preços das empresas de transporte, armazenagem, sementes, traders, entre outras, e de certo modo estarem se protegendo de oscilações do mercado devido à instabilidade política e governamental.

Assim, objetivou-se analisar duas opções de investimentos, levando em consideração a substituição da aplicação dos fungicidas via terrestre pela atividade terceirizada via aérea ou a compra de uma aeronave agrícola nas propriedades de um grupo de produtores de grãos na região Médio-Norte Matogrossense durante o período de um ano safra, visto que com a atividade aérea os danos mecânicos causados pelos maquinários agrícolas são reduzidos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nas propriedades do Grupo Agrícola Eldorado, composto por 13 produtores de soja e milho (safrinha), que possui 15.000 hectares, num raio de 40 quilômetros. Foi considerado o período de um ano safra para o desenvolvimento do presente trabalho, no qual semeia-se na safra da soja a totalidade área e na safra do milho, em média, 70% do total da área do grupo.

Cada um dos produtores possui seu próprio pulverizador terrestre, autopropelido, para todas as aplicações de seu calendário agrícola anual, totalizando em média 12 operações, todas via terrestre por ano safra em cada talhão. Dessas 12 operações, cinco são de fungicidas, sendo três na soja e duas no milho. Levando em consideração as cinco aplicações, as quais serão substituídas neste trabalho pelo uso do equipamento aéreo, a área potencial de aplicação aérea é de 66.000 ha ano⁻¹, sendo 45.000 ha para as três aplicações de fungicidas na soja e 21.000 ha para as duas aplicações de fungicidas no milho. Portanto, supondo o uso da aeronave no sistema de manejo o ano safra terá sete aplicações terrestres e cinco aplicações aéreas. No Quadro 1 segue a sequência

anual das aplicações e suas finalidades para as culturas da soja e do milho.

Os custos das aplicações terceirizadas para os cálculos foram obtidos no mercado com uma empresa da região (Quadro 3), a qual usa uma aeronave agrícola com motor a pistão movido a etanol, chamado Ipanema (modelo 203). O custo de aplicação da terceirização foi padronizado para um volume de aplicação de 10 litros por hectare e faixa de trabalho de 18 metros de largura, com um rendimento operacional de 130 ha h⁻¹, de acordo com os dados fornecidos. A base de custos foi a do ano de 2017 (Quadro 3).

Quadro 1 - Frequência temporal de aplicações e finalidades

Ordem de aplicação	Cultura	Objetivo	Estádio fenológico
1		Controle de plantas daninhas	-
2		Controle de plantas daninhas	V _n
3		Controle de plantas daninhas e insetos	Até V4
4	Soja	Controle de insetos	V _n
5		1ª de fungicida e controle de insetos	V5 - R1
6		2ª de fungicida e controle de insetos	R _n
7		3ª de fungicida e controle de insetos	R _n
8		Dessecação	R ₇
9		Controle de plantas daninhas e insetos	V _n
10	Milho	Controle de insetos	V _n
11		1ª de fungicida e controle de insetos	V _n
12		2ª de fungicida e controle de insetos	Vt - R _n

Fonte: Elaborado pelo autor

A composição do custo total e receitas da atividade agrícola foi obtida pelos dados de relatórios das compras e das vendas realizadas nas últimas safras de soja (17/18) e milho (18/19) que o grupo praticou. Esses dados foram usados para calcular parte do custo variável dos produtores, custeio da lavoura e ambas as receitas da soja e do milho. O custo fixo e parte do custo variável, como o custo da mão de obra e de operação com máquinas e implementos, foram obtidos junto ao Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (IMEA, 2018).

Para quantificar a perda de produtividade gerada pelo dano mecânico causado pelas rodas do pulverizador foram utilizadas duas metodologias:

Quadro 2 - Dados de operação comparativos de equipamentos de aplicação agrícola. Fonte: Dados de empresas regionais (2017)

QUADRO COMPARATIVO - 300 HORAS DE OPERAÇÃO

DADOS: 300 HORAS DE APLICAÇÃO	EQUIPAMENTO TERRESTRE DE 3000 L.	AERONAVE MOTOR A PISTÃO ETANOL	AIR TRACTOR AT-402A	AIR TRACTOR AT-402B	AIR TRACTOR AT-502B
VALOR ESTIMADO DO BEM (Data Base 11/01/2017)	R\$ 860.000,00	R\$ 1.580.000,00	US\$ 693.935,00	US\$ 793.945,00	US\$ 916.915,00
VIDA ÚTIL SUGERIDA	10 anos	20 anos	20 anos	20 anos	20 anos
CAPACIDADE DE CARGA (litros)	3000 litros	750 litros	1.514 litros	1.514 litros	1.893 litros
CONSUMO (litros/hora)	30 litros/h	100 litros/h	180 litros/h	200 litros/h	220 litros/h
CUSTO DE APLICAÇÃO (Base: 300 horas de operação)	R\$ 196.878,00	R\$ 373.527,00	R\$ 579.321,00	R\$ 662.475,00	R\$ 795.864,00
Custo por hora	R\$ 656,26	R\$ 1.245,09	R\$ 1.931,07	R\$ 2.208,25	R\$ 2.652,88
RENDIMENTO (há/h.)	40 há/h	130 há/h	220 há/h	250 há/h	290 há/h
ÁREA APLICADA EM 300 horas.	12.000 há.	39.000 há.	69.000 há.	81.000 há.	102.000 há.
CUSTO POR HECTARE APLICADO	R\$ 16,40 + amassamento	R\$ 9,57	R\$ 8,77	R\$ 8,83	R\$ 9,14
% DE AMASSAMENTO	3% (1,65 sc/há.)	0%	0%	0%	0%

Obs. Informações baseadas em dados coletados em campo – Centro-Oeste, Janeiro/2018, Cotação do dólar utilizado (12/01/18) 1US\$ x R\$3,21

Quadro 3 - Dados de operação comparativos de equipamentos próprios de aplicação agrícola

Dados: 300 horas de aplicação	Equipamento terrestre	Aeronave Ipanema
Valor estimado do bem (R\$)	860.000	1.580.000
Vida útil (anos)	10	20
Capacidade de carga (L)	3.000	750
Consumo combustível (L h ⁻¹)	30	100
Rendimento (ha h ⁻¹)	40	130
Custo da aplicação (R\$ ha ⁻¹)	16,40	15,0
Amassamento de plantas (%)	3	-

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados obtidos na região.

Nota: O cálculo do custo total de aplicação é realizado levando-se em consideração seu custo operacional: manutenção do equipamento (1º ano), remuneração do operador, consumo de combustível e depreciação do equipamento.

a descrita por Vaz (2017), que utiliza a largura do rastro do pulverizador, multiplicado pelo comprimento desse rastro dentro do talhão e multiplicado pelo número total de rastros, o que é igual a área amassada. Dividindo-se a área amassada pela área total do mesmo talhão, obtém-se a quantificação do dano em porcentagem; e o outro método (popular) é o existente entre os produtores, que consiste em considerar as linhas amassadas em relação ao total de linhas de plantio do talhão.

Quando se integra no sistema de manejo o uso da aeronave agrícola, a quantidade de aplicações terrestres anuais passa de 12 para sete, logo, o dano mecânico é reduzido, pois a aeronave não amassa nenhuma planta e, portanto, não há evolução do amassamento na lavoura. Na época de aplicação dos fungicidas o potencial produtivo das plantas está sendo definido e por consequência quanto mais vezes o pulverizador terrestre trafega na área, maior é o amassamento e compactação do solo e os danos serão diretos e irrecuperáveis. Em vista disso, para o sistema de manejo com a aeronave no sistema, as perdas consideradas foram reduzidas para 1%, já que inicialmente o pulverizador terrestre trafegou na área durante o período vegetativo das plantas, de forma que a produtividade praticamente não foi afetada, uma vez que há um potencial de recuperação por parte dessas plantas nessa fase de desenvolvimento.

Para verificar a viabilidade econômica dos projetos foram usadas as técnicas recomendadas por

Gitman (2010), a saber: a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o Período de Recuperação do Investimento (Payback), considerando as Eqs. 1 e 2.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - FC_0 \quad \text{Eq. (1)}$$

onde, FC_t - é o fluxo de caixa no período t ; FC_0 - é o fluxo de caixa do investimento inicial; r - é a taxa de desconto; t - é o período de tempo analisado; e , n - é o número de períodos.

$$\$ 0 = \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1+TIR)^t} - FC_0 \quad \text{Eq. (2)}$$

onde, FC_t - é o fluxo de caixa no período n ; FC_0 - é o fluxo de caixa do investimento inicial; e , n - é o número de períodos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O custo de aplicação por hectare do autopropelido é de R\$ 16,40 e a área anual aplicada é de 162.000 hectares (Quadro 4). Considerando as 12 aplicações, o custo anual com estas aplicações é de R\$ 2.656.800,00.

Quadro 4 - Custo de aplicação via terrestre de defensivos agrícolas na região do Médio-Norte do estado Matogrossense

Cultura	Número de aplicações	Área plantada	Área Total aplicada	Custo de aplicação	Custo total
		----- (ha) -----		(R\$ ha ⁻¹)	(R\$)
Soja	8	15.000	120.000	16,40	1.968.000,00
Milho	4	10.500	42.000	16,40	688.800,00
Total			162.000	16,40	2.656.800,00

Fonte: Dados originais da pesquisa

Com a contratação do serviço aéreo, o custo total da aplicação terrestre decresce em cinco aplicações, sendo, então, cinco aplicações terrestres na soja, R\$ 1.237.500, e duas aplicações terrestres no milho, R\$ 344.400. Assim, o custo da aplicação terrestre quando se tem o uso da aeronave reduz de R\$ 2.656.800 para R\$ 1.581.900. Somando-se o custo total da aplicação aérea terceirizada (Quadro 5) ao custo de aplicação terrestre no mesmo sistema, o custo total final é de R\$ 2.835.900. Comparando-se

com o custo do sistema terrestre, a diferença é de R\$ 179.100,00.

Quadro 5 - Despesas com a aeronave terceirizada utilizada na aplicação de defensivos agrícolas na região do Médio-Norte do estado Matogrossense

Cultura	Aplicações de fungicidas	Área plantada	Área total aplicada	Custo de aplicação	Custo total
		----- (ha) -----		(R\$ ha ⁻¹)	(R\$)
Soja	3	15.000	45.000	19,0	855.000,00
Milho	2	10.500	21.000	19,0	399.000,00
Total			66.000	19,0	1.254.000,00

Fonte: Dados originais da pesquisa

A aeronave nova da Embraer (modelo 203) chamada Ipanema custa R\$ 1.580.000,00 e tem capacidade de carga do Hopper 750 kg ou volume máximo de 950 litros. O valor levantado do seu custo operacional é de R\$ 15,00 ha⁻¹, levando-se em consideração a manutenção do equipamento durante um ano, remuneração do operador, consumo de combustível e depreciação do equipamento. Assim, no Quadro 6 seguem os valores dos custos da aplicação com aeronave própria.

Quadro 6 - Custo de aplicação com aeronave Ipanema próprio na aplicação de defensivos agrícolas na região do Médio-Norte do estado Matogrossense

Cultura	Aplicações de fungicidas	Área plantada	Área total aplicada	Custo de aplicação	Custo total
		----- (ha) -----		(R\$ ha ⁻¹)	(R\$)
Soja	3	15.000	45.000	15,00	675.000,00
Milho	2	10.500	21.000	15,00	315.000,00
Total			66.000	15,00	990.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor com base em valores regionais

Nota: Este custo leva em consideração a manutenção do equipamento durante um ano, remuneração do operador, consumo de combustível e depreciação do equipamento.

Considerando que a aeronave tem capacidade de aplicar em 130 ha h⁻¹, serão gastos 347 horas de voo na soja e 162 horas no milho, totalizando aproximadamente 509 horas anuais de uso para aplicar na área total do grupo (15.000 ha). De acordo com as empresas da região, uma aeronave realiza em média 700 horas anuais de voo, logo, existe uma ociosidade do equipamento de aproximadamente

191 horas anuais, que pode ser usada para caso os produtores semeiem 100% da área com milho, no caso totalizando 576 horas ano⁻¹ de voo, e ainda sobra em torno de 16.000 hectares para rendimento, o qual pode ser utilizado em caso de necessidade de aumento do volume de aplicação ou para prestação de serviços a terceiros, aumentando a renda do grupo ou possibilitando a amortização do capital investido num menor espaço de tempo.

Efeitos econômicos dos danos mecânicos causados pelo sistema de aplicação terrestre

O amassamento calculado segundo a metodologia de Vaz (2017) somente considera a cultura da soja e é feito considerando a largura do rastro ou pneu, multiplicado pelo comprimento médio do talhão e pelo número total de rastros, que é igual a área amassada, dividindo-se pela área total, o resultado é o dano em porcentagem. No caso do milho, o amassamento é mais intenso, pois a planta possui porte maior, ao ponto de o dossel superior ser atingido pelo pulverizador depois que pendoado e sendo que o milho possui plasticidade extremamente baixa, na qual uma planta não irá compensar a produção de outra que foi prejudicada, as perdas se tornam maiores.

Por outro lado, os resultados da metodologia popular tiveram considerável correlação com a metodologia descrita por Vaz (2017), uma vez que esse método, utilizando-se do mesmo talhão em que foi realizado o método de Vaz (2017), de 243,75 hectares, sendo 975 m de comprimento por 2.500 m de largura, para um pulverizador de barras de 30 m de largura, foram necessárias 83 passadas para cobrir toda área, portanto, como em cada passada são dois rastros, totaliza-se 166 rastros ou linhas amassadas pelo pulverizador. Sendo o número de rastros e o tamanho do talhão fixos em todas as safras, a porcentagem de amassamento não muda. O espaçamento entre linhas de semeadura é de 0,45 m para ambas as culturas, então são 5.555 linhas de soja ou milho dentro deste talhão, logo, o valor é de 0,0298, ou seja, aproximadamente 3% de amassamento para a soja.

Devido à falta de informação na literatura para se determinar um método para avaliar o amassamento no milho e sabendo-se que o dano na

cultura é maior que na soja, o dano econômico foi estimado em 5%. Sumarizando, a média amostral de amassamento para a soja no sistema de manejo de aplicação via terrestre no presente trabalho foi de 3% para a soja e de 5% para o milho. No trabalho de Silva (2004), o resultado do dano mecânico avaliado experimentalmente com a amostragem das plantas em campo para a soja e milho foi de 2,5% e 2,6%, respectivamente, de forma que a diferença observada, ainda que de baixa magnitude, deve-se ao pulverizador utilizado no estudo, o qual possuía barra com 40 m de comprimento, o que explicaria a menor porcentagem de dano mecânico pelo fato de o pulverizador passar menos vezes na área. No milho, o mencionado trabalho avaliou o dano mecânico até o estágio vegetativo da sexta folha (V6), enquanto que no presente estudo, a última aplicação de fungicida ocorreu no seu pendoamento (VT), gerando a redução do estande de plantas.

Na descrição dos seus métodos de avaliação, Silva (2004) relatou como danos causados na cultura pela passagem do rodado do pulverizador sobre as plantas, plantas inclinadas, injúrias em vagens, espigas, folhas, ramos e grãos e até mesmo a morte, além da compactação do solo, que afeta diretamente o desenvolvimento e eficiência das funções das raízes, afetando o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, a sua produtividade (Figuras 1 e 2). Quanto mais aplicações terrestres, maior é o dano mecânico e compactação do solo, conforme já havia sido relatado por Oliveira *et al.* (2014). Assim, inicialmente, quando as plantas estão em estágio vegetativo (V_n), a passagem do pulverizador causa danos menores, recuperáveis, pois a planta tem capacidade de recuperação maior que àquela no estágio reprodutivo (R_n). O problema do amassamento vai se intensificando a partir da primeira aplicação de fungicida, sendo o nível de dano irrecuperável, pois com o estande maior, a planta será mais acometida por atritos do



Figura 1 - Ilustração do amassamento gerado pelo pulverizador terrestre. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 2 - Ilustração da quantidade de passadas do pulverizador terrestre na lavoura. Fonte: Arquivo pessoal.

rodado do pulverizador, com conseqüente redução de produtividade.

Com a aeronave no sistema, o amassamento total final é reduzido para 1% em ambas as culturas. Silva (2004) considerou o dano mecânico do equipamento aéreo como zero, porém esse valor não retrata a realidade, pois ainda com o uso da aeronave, se tem o autopropelido trafegando algumas vezes na área para aplicação de outros insumos.

Para o cálculo das perdas totais foi considerada a diferença de perdas entre os sistemas (aplicação terrestre e aérea). Portanto, foi descontado 1% das amostragens feitas nas culturas, sendo na soja o dano de 3%, menos 1% que é o dano no sistema com aeronave, obtendo-se o valor de ganho no sistema, 2%. Assim, também se segue essa lógica para o milho. Utilizando-se dos valores de produtividade/ produção e preço de venda (Quadro 7), a perda total no manejo com aplicação aérea (1%) é de R\$ 712.575,00. Para o sistema de aplicação via terrestre, a perda é de R\$ 1.806.300,00. Portanto, há uma diferença de perdas entre os sistemas com e sem aplicação aérea de R\$ 1.093.725,00 a mais para o sistema com a introdução da aeronave no manejo, ou seja, as perdas são 53,5% superiores na aplicação via terrestre.

Em estudo similar, a quantificação do dano econômico causado pela pulverização terrestre foi de uma perda de 3 sacos de soja por hectare, considerando uma produtividade de 60 sacas ha⁻¹ (Águas Claras Aviação Agrícola Ltda, 2012). Schröder (2007) relatou, no ano safra 2006/07, que a perda por amassamento de plantas de soja foi de 4%, para um custo total da pulverização terrestre de R\$ 11,00 ha⁻¹ e da aérea de R\$ 22,00 ha⁻¹. Tais dados também são corroborados por Cruvinel (2017)¹, o qual obteve um amassamento na cultural da soja de 4% quando comparou os sistemas de aplicação aérea e terrestre, assim como são semelhantes aos de Reis e Zanatta (2017), que observaram em seus estudos com soja, cuja produtividade foi de 3.200 kg ha⁻¹, perda de 4,9% ocasionados pelo amassamento de plantas originados pela aplicação terrestre.

¹ Informações fornecidas por contato pessoal. Dados não publicados, referentes ao projeto "Desenvolvimento da aplicação aérea de agrotóxicos como estratégia de controle de pragas agrícolas de interesse nacional", da Embrapa. 2017.

Quadro 7 - Perdas por amassamento da aplicação via terrestre de defensivos agrícolas na região do Médio-Norte do estado Matogrossense

Cultura	Amassamento	Área plantada	Produtividade	Preço da saca	Perda total
	%	(ha)	Sacas (60 kg)	----- (R\$) -----	
Soja	2	15.000	58	60,00	1.044.000,00
Milho	4	10.500	110	16,50	762.300,00
Total					1.806.300,00

Fonte: Dados originais da pesquisa

Noutros estudos também foram observados que o amassamento causado pelo rodado do trator nas linhas de soja durante as aplicações dos produtos fitossanitários diminuiu significativamente a produtividade da cultura quando comparado às áreas que não sofreram amassamento (Justino *et al.*, 2006; Ludwig, 2009; Oliveira *et al.*, 2014). De acordo com Matthews (2000), a produtividade dessas áreas afetadas pelo amassamento pode ter compensação parcial pelas plantas adjacentes as que sofrem amassamento pela passagem das rodas do trator, uma vez que podem surgir brotações laterais e mais grãos por plantas, mas isso não é o suficiente para evitar reduções na produtividade da soja.

Compilando as observações destes estudos, assim como o presente trabalho, é possível constatar que, assim como Justino *et al.* (2006), Ludwig *et al.* (2009) e Costa (2017) já haviam salientado em seus estudos, os fatores como a largura do pneu, comprimento das barras dos pulverizadores, que irá interferir na quantidade de passadas na lavoura, a utilização de espaçamento diferenciado entre linhas, o qual permitiria passar o trator e/ou equipamento de aplicação de produtos sem danificar as plantas, além de outros, como nos sistemas em que não se tem sistema de posicionamento global (GPS) nos equipamentos, o amassamento pode resultar em perdas muito maiores, as quais pode variar de 5,6 a 9,0%, para barras de pulverização terrestre de 10 e 16 m, respectivamente (Ludwig *et al.*, 2009).

A vida útil da aeronave é de 20 anos e do autopropelido de 10 anos. Portanto, ao longo dos 10 anos o pulverizador desvalorizou totalmente, enquanto a aeronave está com valor residual de 50%. O produtor, então, normalmente deprecia a sua máquina para que ela tenha um valor de

revenda e não desembolse o valor integral de um novo pulverizador. Também é possível comprar na região aeronaves com mais de 10 anos de uso por R\$ 600.000,00, o que impactaria no valor residual do bem, porém o investimento inicial seria menor. Assim, e considerando, os dados da Quadro 8, é possível inferir que o valor presente líquido (VPL) no sistema aeronave própria é 25,7% superior ao sistema terceirizado, assim como a taxa interna de retorno (TIR) do projeto da aeronave própria é 34,6% maior que o sistema terceirizado. Os Paybacks para os sistemas próprio e terceirizado foram, respectivamente, de 2,79 e 1 ano, ou seja, esses são os períodos necessários para que os investimentos financeiros sejam integralmente recuperados em cada um dos sistemas propostos.

Quadro 8 - Desempenho do investimento da aplicação de defensivos agrícolas na região do Médio-Norte do estado Matogrossense

	Próprio	Terceirizado
VPL (R\$)	3.206.678,48	2.551.855,43
TIR %	35	26
Payback (anos)	2,79	1

Nota: VPL (Valor presente líquido); TIR (Taxa interna de retorno)

A produtividade incrementada no sistema de manejo com a aeronave é de 1,19 saca ha⁻¹ para soja e 4,4 sacas ha⁻¹ para o milho (Quadro 9). Considerando os mesmos preços praticados (Quadro 7), as novas produtividades e a mesma área plantada de milho, a área mínima de soja a ser plantada (ponto de equilíbrio) é de 13.324 hectares para que todos os custos sejam quitados.

Simulando uma quebra na safra da soja, e manutenção na produtividade do milho como ocorrido nos últimos anos, a produtividade da soja

Quadro 9 - Produtividade no sistema de manejo com aeronave agrícola na região do Médio-Norte do estado Matogrossense

Cultura	Área plantada (ha)	Produtividade Sacas (60 kg)	Preço da saca (R\$)
Soja	15.000	59,19	60,00
Milho	10.500	114,4	16,50

Fonte: Dados originais da pesquisa

poderia reduzir a 52,50 sacas ha⁻¹ que ainda assim a conta empataria, considerando os padrões de produtividades e de preços para ambas as culturas do presente trabalho. Outra possível simulação seria devido à grande oferta de soja no mercado, de forma que o preço mínimo de venda da saca poderia passar de R\$ 60,00 a até R\$ 53,30 para que a conta empatasse.

No entanto, caso o plantio de soja fosse atrasado pela falta de chuva, a janela de plantio de milho diminuiria e menos milho seria plantado. A área mínima de milho plantada, considerando as mesmas produtividades e os mesmos preços de mercado, seria de 7.347,60 hectares, ou seja, aproximadamente 50% da área total.

Simulando uma quebra da safra do milho, a produtividade mínima para que os custos sejam quitados é de 80 sacas ha⁻¹, considerando preços de venda constantes para ambas culturas bem como a mesma produtividade de soja.

CONCLUSÕES

A partir das análises dos projetos (contratação terceirizada da aplicação aérea e o de compra da aeronave própria) verificou-se que ambos têm viabilidade econômica positiva devido ao fator da redução de perdas pelo amassamento.

Com a terceirização, o uso da aeronave causa um impacto econômico significativamente capaz de pagar o custo da aplicação no primeiro ano de contrato e ainda ter receita positiva, enquanto que com a aeronave própria é possível quitar o investimento em um pouco mais de dois anos, possibilitando margem de lucro maior, diminuindo o risco gerencial do negócio, pois, a produtividade do sistema aumenta, diluindo mais os custos. Tais fatos são ratificados pelo valor presente líquido, taxa interna de retorno e payback, os quais são complementares e indicam ser mais interessante o sistema próprio.

É importante ressaltar que, como o volume de área aplicado é notavelmente numeroso, os retornos econômicos dos projetos são alavancados, o que explica o alto valor da taxa interna de retorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águas Claras Aviação Agrícola Ltda. (2012) - *Será que agora decola?* [cit. 2018.04.12]. http://www.aguasclarasaviacao.com.br/vantagens_custos.html.
- Barranqueiro, H.R. e Dalchiavon, F.C. (2017) - Aplicação de azoto na cultura da soja. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 40, n. 1, p. 196-204. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16030>
- Castro, S.H. de; Reis, R.P. e Lima, A.L.R. (2006) - Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicasos no oeste da Bahia. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 30, n. 6, p. 1146-1153. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000600017>
- CONAB (2017) - *Série histórica: Soja*. Companhia Nacional de Abastecimento, 87 p. [cit. 2017.08.21]. http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos.
- Costa, C. C. da (2017) - *Custo e benefícios do uso da pulverização aérea de agrotóxicos na agricultura*. São Carlos: Embrapa Instrumentação. 22 p.
- Cunha, J.P.A.R.; Teixeira, M.M.; Vieira, R.F. e Fernandes, H.C. (2005) - Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 9, n. 1, p. 133-138. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000100021>
- Diniz, J.B. e Paixão, M.A.S. da (2017) - Viabilidade econômica da terceirização ou compra de frota de veículos para empresa de fertilizantes minerais. *Revista IPecege*, vol. 3, n. 3, p. 49-55. <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.3.49>
- ECEN (2010) - *Economia e Energia. Indicadores de Produtividade de Capital na Agropecuária Brasileira*. [cit. 2018.08.10]. http://www.ecen.com/eee77/eee77p/indicadores_produtividade_capital_agropecuaria.htm.
- Gitman, L.J. (2010) - *Princípios de Administração Financeira*. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 775 p.
- IMEA (2018) - *Custos de produção da soja 17/18 e milho 18/19*. Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária. [cit. 2018.03.01]. <http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalle?c=4&s=3>.
- Imhoff, M.M. e Mortari, A.P. (2005) - Terceirização, vantagens e desvantagens para as empresas. *Revista Eletrônica de Contabilidade (descontinuada)*, vol. 2, n. 3, p. 82-94.
- Justino, A.; Menon, L.; Bora, L.; Garcia, L.C. e Raetano, C.G. (2006) - Sentido de pulverização em culturas de soja e feijão com pulverizador de barras. *Engenharia Agrícola*, vol. 26, n. 3, p. 755-758. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000300012>
- Legnaro, A. (2008) - É necessário discutir novas formas de organização e gestão da mão-de-obra rural. *Revista Hortifrutí Brasil*, vol. 7, n. 71, p. 6-14.
- Lobo Junior, M.I. (2006) - *Ferrugem: Combate com tecnologia de aplicação*. [cit. 2017.10.10]. <http://www.pulverizador.com.br>.
- Ludwig, M.P.; Lucca Filho, O.A.; Dutra, L.M.C.; Avelar, S.A.G.; Rosa, S.F. e Zabot, L. (2009) - Redução da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de soja provocado pelo rodado do trator durante as aplicações de agrotóxicos. *Revista Brasileira de Agrociência*, vol. 15, n. 1-4, p. 115-119. <http://dx.doi.org/10.18539/cast.v15i1-4.1997>
- Matthews, G.A. (2000) - *Pesticide application methods*. 3. ed. London: Blackwell Science. 432 p.
- Oliveira, S. de; Ludwig, M.P.; Crizel, R.L.; Lemes, E.S. e Lucca Filho, O.A. (2014) - Amassamento durante o manejo do cultivo: efeito no rendimento e na qualidade de sementes de soja. *Bioscience Journal*, vol. 30, n. 4, p. 1059-1069.
- Pedriali, M. (2004) - Business Process Outsourcing: uma importante ferramenta estratégica da terceirização. *In: Anais... Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.
- Reis, E.F.; Queiroz, D.M.; Cunha, J.P.A.R. e Alves, S.M.F. (2010) - Qualidade da aplicação aérea líquida com uma aeronave agrícola experimental na cultura da soja (*Glycine max* L.). *Revista Engenharia Agrícola*, vol. 30, n. 5, p. 958-966. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000500017>
- Reis, E.M. e Zanatta, M. (2017) - *Cálculo do dano do amassamento, na cultura do trigo, pelo rodado do equipamento na primeira aplicação de defensivos*. [cit. 2017.07.19]. www.orsementes.com.br/sistema/anexos/artigos/94/Amassamento%20c%C3%A1lculo%20dano.pdf.
- Schröder, E.P. (2007) - Aerial application of fungicide with emphasis on quality. *In: Borges, L.D. (Ed.) - Pesticide application technology*. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos. p. 105-113.

- Silva, M.P.L.D. (2004) - *Avaliação de três sistemas de aplicação de produtos fitossanitários líquidos*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. 60 p. Dissertação Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola).
- Vaz, M.E.R. (2017) - *Aviação agrícola e produção rural*. Palhoça: Universidade do Sul de Santa Catarina, Unisul, SC, Brasil. 30 p. Monografia Graduação (Ciências Aeronáuticas).