

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR

Setor PALOTINA



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS NAS
APLICAÇÕES DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

RENATO RODRIGO BIELER

Palotina

2015

RENATO RODRIGO BIELER

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS NAS
APLICAÇÕES DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Projeto de Trabalho de Conclusão
de Curso apresentado como
requisito para disciplina TCC II do
curso de graduação em
Agronomia, Setor de Palotina da
Universidade Federal do Paraná.

Orientador (a): Prof. Dr. Vilson Luís
Kunz

Palotina

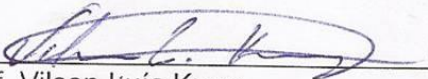
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

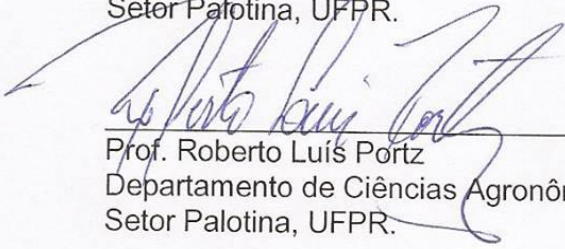
RENATO RODRIGO BIELER

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS NAS APLICAÇÕES DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do título de agrônomo, no curso de graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Vilson Luís Kunz
Orientador – Departamento de Ciências Agronômicas
Setor Palotina, UFPR.



Prof. Roberto Luís Portz
Departamento de Ciências Agronômicas
Setor Palotina, UFPR.



Prof. Jonathan Dieter
Departamento de Engenharias e Exatas
Setor Palotina, UFPR.

Palotina, 18 de dezembro de 2015

Dedico este trabalho ao meu pai Guni e minha mãe Rita, que me deram a vida e tanto se dedicaram a mim de modo a permitir estar onde estou, a minha mulher Sandra, que muito pacientemente me auxiliou e dedicou seu tempo à minha pessoa, aos meus filhos Isabel e Gabriel, fonte de minha inspiração, alegria do meu viver e motivação para cada passo nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me iluminar e conduzir o meu caminho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Vilson Luís Kunz, pelo acompanhamento, sabedoria e amizade.

A todos os professores que lutaram para a conquista do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná, para setor Palotina.

Aos meus colegas Andreas A. Neiverth, Ângelo Korber, Alexandre Klaus e Ricardo Tamke pelas sugestões e dicas para o trabalho.

A todos os meus colegas que direta ou indiretamente me auxiliaram nesta caminhada.

RESUMO

A utilização de tecnologias embarcadas na agricultura propicia significativos ganhos, em especial na pulverização. Saber o quanto está se ganhando ou perdendo é fator crucial para o planejamento agrícola. Para tanto os sistemas de monitoramento, direcionamento e controle assistido nas aplicações tem se mostrado uma ferramenta extraordinária. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a influencia de sistemas direcionais com orientação por satélite na aplicação de defensivos agrícolas, e os reflexos na qualidade da aplicação e dos custos operacionais e de produção. Foram realizados testes com a operação em modo completamente automatizado, com piloto automático e corte de seções (DAPA); operação com piloto automático e fechamento de seção de modo manual (DAPM); operação sem piloto automático, mas com corte automático de seções (DMPA); e a operação completamente manual (DMPM). Nas condições do trabalho verificou se que a aplicação com o sistema completamente automatizado apresentou o menor de consumo de calda e sobreposições. O sistema completamente manual mostrou se com o maior consumo de calda e combustível, além da maior sobreposição. Com o trabalho pode se concluir que se o agricultor precisar optar entre um sistema automatizado de direção ou de corte de seções este deverá optar pelo segundo.

Palavras chave: Pulverização; Sistemas automatizados; Piloto automático; GPS.

ABSTRACT

The use of embedded technologies provides significant earnings in agriculture, special on spraying. Knowledge how much is earning or losing is crucial factor for agricultural planning. Therefore monitoring systems, strategy and control assisted in applications has proved to be an extraordinary tool. This study aims to evaluate the influence of directional systems with satellite guidance on the application of pesticides, the reflections in the quality of implementation and production costs. Tests were performed with the operation in completely automated mode, with automatic pilot and cutting sections (DAPA), operation with autopilot and manual mode section closing (DAPM); without autopilot operation, but with automatic cut sections (DMPA); and the completely manual operation (DMPM). In working conditions it found that the application with fully automated system had the lowest consumption of syrup and overlays. The system was completely manual with the highest consumption of fuel and syrup, as well as greater overlap. The work can be concluded that the farmer need to choose between an automated system of management or cut sections it should choose the second.

Keywords: Spray; Automated systems; Automatic pilot; GPS.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1: ÁREA DELIMITADA PARA O EXPERIMENTO. **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 2: VOLUME DE CALDA GASTO. **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 3: OPERAÇÃO COMPLETAMENTE AUTOMATIZADA (DAPA). **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 4: OPERAÇÃO SOMENTE COM DIREÇÃO AUTOMATIZADA (DAPM).
..... **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 5: OPERAÇÃO REALIZADA APENAS COM SISTEMA AUTOMATIZADO DE DESLIGAMENTO DE SEÇÕES (DMPA). **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 6: OPERAÇÃO REALIZADA TODA MANUALMENTE (DMPM). **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 8: MÉDIAS DAS SOBREPOSIÇÕES..... **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 9: VELOCIDADE MÉDIA DE SERVIÇO. **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 10: RENDIMENTO OPERACIONAL.....23
- FIGURA 11: TEMPO GASTO PARA A APLICAÇÃO ... **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 12: TEMPO TOTAL ESTIMADO PARA 100 HA **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 13: TEMPO ESTIMADO POR TANQUE..... **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 14: CONSUMO DE COMBUSTÍVEL..... **Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 15: CONSUMO EM 100 HECTARES **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1: VALORES DAS PERDAS DE DEFENSIVOS..... | 18 |
| TABELA 2: CUSTO COM COMBUSTÍVEL | 26 |
| TABELA 3: PERDAS TOTAIS..... | 28 |
| TABELA 4: VIABILIDADE TÉCNICA..... | 28 |

LISTA DE SIGLAS

GNSS - Sistema de Navegação Global por Satélites

DAPA - Direção Automatizada, Pulverização Automatizada

DAPM - Direção Automatizada, Pulverização Manual

DMPA - Direção Manual, Pulverização Automatizada

DMPM - Direção Manual, Pulverização Manual

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO REFERENCIADA..... | 10 |
| 2. OBJETIVOS | 13 |
| Objetivo geral..... | 13 |
| Objetivos específicos | 13 |
| 3. METODOLOGIA..... | 14 |
| 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL..... | 14 |
| 3.2 APLICAÇÃO DA CALDA..... | 15 |
| 3.3 ANÁLISE DOS DADOS..... | 15 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 17 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 30 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |

1. INTRODUÇÃO REFERENCIADA

A agricultura de precisão não trata apenas de uma tecnologia, mas sim da congregação de várias delas, aliadas ao conhecimento técnico, que, quando combinados e adequadamente implementados geram ganhos de ordem financeira, ambiental e humana por vezes difíceis de mensurar.

A utilização de sistemas automatizados na agricultura tem permitido o aumento do tamanho dos equipamentos utilizados bem como a diminuição do tempo necessário para a realização de determinada operação.

De acordo com Sousa et al., (2015), com a introdução da tecnologia embarcada em equipamentos agrícolas na década de 1980, a introdução dos sistemas orientados via Sistema de Navegação Global por Satélites (GNSS) na década seguinte, e a introdução no mercado brasileiro por empresas internacionais no final da mesma década, o modo como são realizadas as operações agrícolas tem sofrido transformações significativas. Segundo Reynaldo, 2009, os sistemas via GNSS foram o fator fundamental para a viabilidade da elaboração e implementação das complexas técnicas de agricultura de precisão como a aplicação de diferentes doses na adubação, plantio, pulverização e elaboração de mapas de colheita.

Em geral os sistemas de direcionamento e controle tem se mostrado fáceis de operar além de não exigirem alto nível de experiência por parte dos operadores, visto que com a automatização torna se mais necessário o entendimento dos sistemas computacionais embarcados do que o próprio funcionamento da máquina.

Os sistemas automatizados de direção permitem a ocorrência de menos amassamentos da cultura, redução da sobreposição ou ocorrência de faixas sem a aplicação de produto (BAIO, 2004; MARTINI, 2011). Na cultura da soja a matocompetição e as doenças podem reduzir em mais de 90% a produção da cultura no caso da matocompetição e variar de 15% a 100% de perdas dependendo da doença, além de dificultar o processo de colheita (EMBRAPA, 2003,2008).

Com a utilização de sistemas de tráfego controlado, pode se evitar ao máximo o amassamento da cultura e a compactação de solo, isto claro exige a utilização de equipamentos combinados, do plantio, pulverização à colheita (CONTROLE, 2013).

Nas aplicações de produtos fitossanitários os ganhos tem se mostrado mais fáceis de mensurar quanto à ordem financeira e operacional, principalmente com a diminuição das perdas por sobreposições. Nas operações os maiores ganhos estão relacionados com o aumento da capacidade de trabalho dos equipamentos por hora trabalhada (rendimento operacional), além do aumento das horas possíveis de trabalho durante o dia e redução da fadiga do operador. (BATTE e EHSANI, 2006; BATTE e EHSANI, 2009).

As operações de pulverização exigem que o operador faça o controle de altura das barras de aplicação, abertura e fechamento das seções de aplicação, além de controlar a direção, o que exige experiência para a operação em áreas irregulares tanto quanto ao formato e principalmente em relação ao relevo e condição da cultura, das condições ambientais e horários de aplicação, sendo dificultadas as operações durante o período noturno, onde além da redução significativa da visibilidade, ocorre a fadiga do operador. (REYNALDO, 2009)

Outro ponto importante é o fechamento automático das seções, o que evita a aplicação em área previamente pulverizada ou em área não permitida (fora do mapa de aplicação), diminuindo assim o risco de contaminação de cursos d'água, áreas adjacentes como pastagens ou com culturas suscetíveis a determinados herbicidas.

A sobreposição de aplicação causa severas injúrias mesmo em culturas tolerantes como no caso da soja (*Glicine max* L.), conforme verificado por Arruda *et al*, 1999, em experimento realizado com aplicações de sulfentrazone o aumento das doses pode incorrer em redução de mais da metade da altura e da massa seca da planta, e ainda em cultivares geneticamente modificadas para tolerância ao glifosato o aumento das doses aplicadas causa redução na altura de plantas (REIS *et al*, 2010). Na cultura do milho (*Zea mayz*) baixas doses residuais de cletodim aplicado em pré plantio podem causar redução na ordem de 50 por cento do acúmulo de biomassa (KARAM *et al*, 2012).

Esta tecnologia evita a sobreposição da aplicação que além de reduzir as perdas de calda, evita a ocorrência de perdas de produtividade, devido a aplicação de defensivos com potencial efeito residual no solo, ou de fitotoxicidade causadas especialmente por herbicidas, como por exemplo, de sobre dosagens de glifosato, cloransulam metil, metsulfurom metílico, clorimurom metílico entre outros (BATTE e EHSANI, 2006; REYNALDO, 2009).

Um dos ganhos de difícil mensuração é o ganho ambiental, pois com a redução de exigência de atenção do operador com a operação do equipamento, este pode se dedicar à qualidade da operação que está realizando, como por exemplo, a altura das barral (evitando deriva), velocidade da aplicação e falhas do equipamento como entupimento de bicos ou vazamentos.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a influencia de sistemas direcionais com orientação por satélite na aplicação de defensivos agrícolas, e os reflexos na qualidade da aplicação e dos custos operacionais e de produção.

Objetivos específicos

- Determinar os ganhos operacionais de tempo, os percentuais de cobertura e falhas, o consumo de calda e de combustível em uma área experimental, com diferentes formatos e ângulos de entrada.
- Realizar o levantamento do valor do equipamento novo, e das condições de financiamento, a fim de calcular a viabilidade do investimento.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

A área experimental utilizada foi delimitada de maneira a apresentar forma geométrica irregular, de modo a ser semelhante às condições de campo, formando assim, diferentes condições de ângulo de entrada e saída, além de simular obstáculos como árvores e final da área de aplicação junto a cursos d'água.

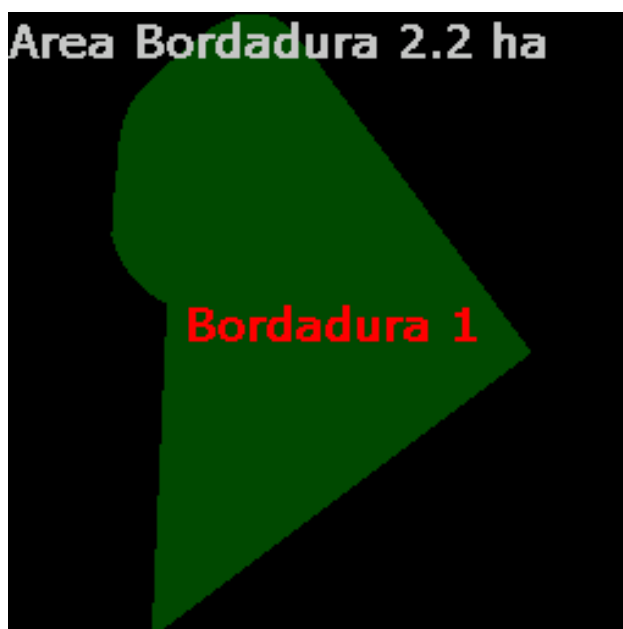


FIGURA 1: ÁREA DELIMITADA PARA O EXPERIMENTO.

Delimitou se uma área com 2,20 hectares, com duas laterais retas, e outra lateral com uma curva seguida de uma reta, formando parcialmente um triângulo, deste modo podem ser observados vários ângulos de entrada e saída da linha de pulverização. Conforme pode ser observado na figura 1.

O experimento foi realizado em uma área agrícola mecanizada com curvas de nível, em um terreno suavemente ondulado, e em sistema de plantio direto, localizada na Estrada da Madeira, a aproximadamente doze quilômetros de Santa Rita D'Oeste, distrito do município de Terra Roxa, Paraná, sendo o ponto central da área localizado nas coordenadas $24^{\circ}18'13.9958''\text{S}$ e $54^{\circ}1'27.5065''\text{O}$.

3.2 APLICAÇÃO DA CALDA

Para se obter os dados foram realizados testes de aplicação com pulverizador autopropelido equipado com sistema de corte de seção, taxa de aplicação variável conforme velocidade e piloto automático hidráulico.

Foram realizados os testes com a operação em: 1) modo completamente automatizado, ou seja, com piloto automático e corte de seções (Direção Automatizada, Pulverização Automatizada - DAPA); 2) operação com piloto automático e fechamento de seção de modo manual (Direção Automatizada, Pulverização Manual - DAPM), 3) para simular situações onde o equipamento conta apenas com sistema de direcionamento automatizado; operação sem piloto automático, mas com corte automático de seções (Direção Manual, Pulverização Automatizada - DMPA), de forma a simular condições onde o equipamento não conta com sistema automatizado de direcionamento ou não é possível a realização com a utilização do mesmo seja pela declividade ou pelo formato da área, e 4) a operação completamente manual (direção manual e desligamento de seções feito manualmente - DMPM), simulando a operação com um equipamento sem nenhum sistema automatizado.

Fez se a aplicação utilizando apenas água, a uma taxa de aplicação de 100 litros por hectare, na mesma área para efeitos de comparação. O equipamento utilizado da marca Stara, modelo Gladiador 2300, e o controlador de pulverização e piloto automático da mesma marca modelo Topper 4500. O equipamento utilizado conta com pontas de pulverização alocados a uma distância de 35 centímetros entre si, da marca Teejet, modelo TTJ60 - 11003, e barras de 27 metros. Obtenção dos dados das aplicações foi realizada através do software computacional do equipamento.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram analisados para verificar a viabilidade econômica e calcular o tempo de retorno do investimento. Verificar o tempo necessário para a aplicação na área experimental, o consumo de calda e a qualidade da operação (cobertura da área de aplicação).

Para o transpasse analisou se os valores obtidos e as falhas que ocorreram, realizando a comparação das médias obtidas em três aplicações, com a metodologia de comparação já citada.

A título de comparação utiliza se como testemunha o sistema completamente automatizado, pois o equipamento está programado para realizar um transpasse máximo entre passadas de 0,3 metros, e de sobreposição total por seção, da área a ser pulverizada no momento da entrada, ou seja é desligada somente quando toda a seção entra na área previamente pulverizada.

Para avaliação do consumo de calda fez se a comparação do volume médio consumidos nas repetições entre os tratamentos tendo como parâmetro de comparação o tratamento automatizado, pois este apresentou a melhor cobertura de área com o menor consumo de calda.

Assim após a comparação foi possível estimar as perdas e ganhos obtidos com estes sistemas.

O consumo de combustível foi estimado a partir do tempo aproximado do equipamento para realizar as operações de aplicação, pois o mesmo não conta com um sistema de controle de consumo.

O tempo necessário para realizar a aplicação foi analisado a fim de se estimar a capacidade de trabalho do equipamento, ou seja, rendimento em hectares por hora, fator necessário para cálculos de dimensionamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embora a área experimental fosse de apenas 2,20 ha, e o consumo estimado em 220 litros para a aplicação, pode se verificar que o consumo total foi maior que este, pois mesmo o sistema automatizado realiza sobreposição entre passadas a fim de evitar faixas e realizar a cobertura desejada, ou seja, a sobreposição de áreas previamente pulverizadas.

Verificou se que o menor consumo de calda foi de 255 litros uma diferença de 35 litros, causada pela sobreposição das passadas, nas saídas e entradas de linhas de pulverização além da sobreposição nos arremates. Entretanto este valor foi mais baixo que somente o sistema automatizado de fechamento (corte de seções), que apresentou gasto médio de 46 litros a mais, e significativamente mais baixo que o consumo de calda para os sistemas manuais de aplicação, seja o sistema de fechamento de seção com direção automatizada ou não, com 89 e 139 litros de calda gastos desnecessariamente respectivamente.

Em relação aos volumes de calda, pode se observar que o consumo espelhou a sobreposição, pois aumentou conforme este também aumentou, sendo para o tratamento DAPA de 255 litros, para DAPM 313 litros, para DMPA de 266 litros, e para DMPM de 358 litros.

Uma variação de 103 litros do maior consumo para o menor consumo. Em termos percentuais equivale a 40% do volume de calda.

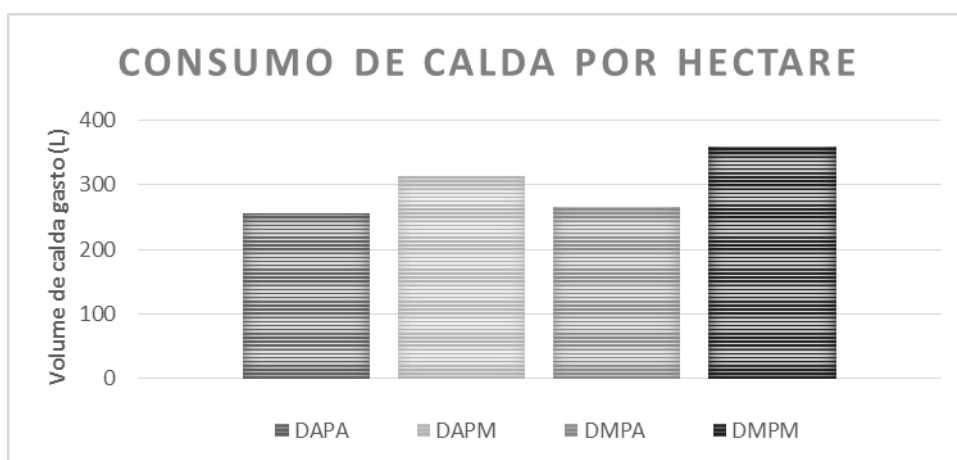


FIGURA 2: VOLUME DE CALDA GASTO.

Extrapolando estes volumes para uma área de 100 hectares, chega se a um volume de calda desperdiçado respectivamente de 1599 litros para DAPA, o que representa uma área aproximada de 16 hectares, 3999 litros para DAPM, o que corresponde à calda para aplicar aproximadamente 40% da área total, 2125 litros para DMPA, calda suficiente para pulverizar mais de 21 hectares e de 6399 litros para DMPM, o que corresponde a quase 64% dos 100 hectares.

Analisando estes dados, estima se que o produtor estará desperdiçando cerca de 40% dos defensivos que estiver utilizando, baseando se na estimativa da Seab/DERAL para agosto de 2015, o custo com os defensivos é de 14,20% do custo total para a cultura da soja na safra principal, com este consumo a mais o custo irá subir para cerca de 19%, o que significam cerca de R\$160,00 por hectare.

TABELA 1: VALORES DAS PERDAS POR SOBREPOSIÇÃO DE DEFENSIVOS

| Custo de produção com Defensivos (ha) | Soja primeira safra | Milho segunda safra |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Custo R\$ | R\$ 395,60 | R\$ 203,07 |
| % dos custos | 14,20% | 8,81% |
| Desperdiço | 28,84% | 28,84% |
| Custo final | R\$ 509,69 | R\$ 261,64 |
| 100 ha | R\$ 50.969,10 | R\$ 26.163,54 |
| Desperdiço total em 100 ha | R\$ 11.409,10 | R\$ 5.856,54 |

Vale ressaltar que a experiência do operador reflete significativamente na aplicação, pois este consegue identificar o momento mais próximo do adequado para realizar a abertura e fechamento das válvulas de controle.

Neste sentido vale lembrar que a velocidade e volume de calda impactam diretamente na aplicação, pois com diferentes volumes de calda, pequenas sobreposições podem impactar diretamente na quantidade de hectares aplicados por tanque do pulverizador, assim como o formato e tamanho da área a ser aplicada interfere diretamente, áreas com formatos retangulares onde a aplicação é feita no sentido mais longo, com uma das linhas laterais servindo de guia, permitem menores consumos de calda devido a uma diminuição do transpasse.

Entretanto, neste método de aplicação se não houver um sistema eficiente de direcionamento ou marcação das linhas, a ocorrência de faixas sem aplicação pode resultar em danos severos à cultura.

Verificou se diferenças significativas na cobertura da área, tanto nas sobreposições (transpasse) quanto na falta de cobertura, isto em cada método utilizado.

A sobreposição média para a aplicação totalmente automatizada(DAPA) foi de 8,41% como pode ser vizualizado na figura a seguir.

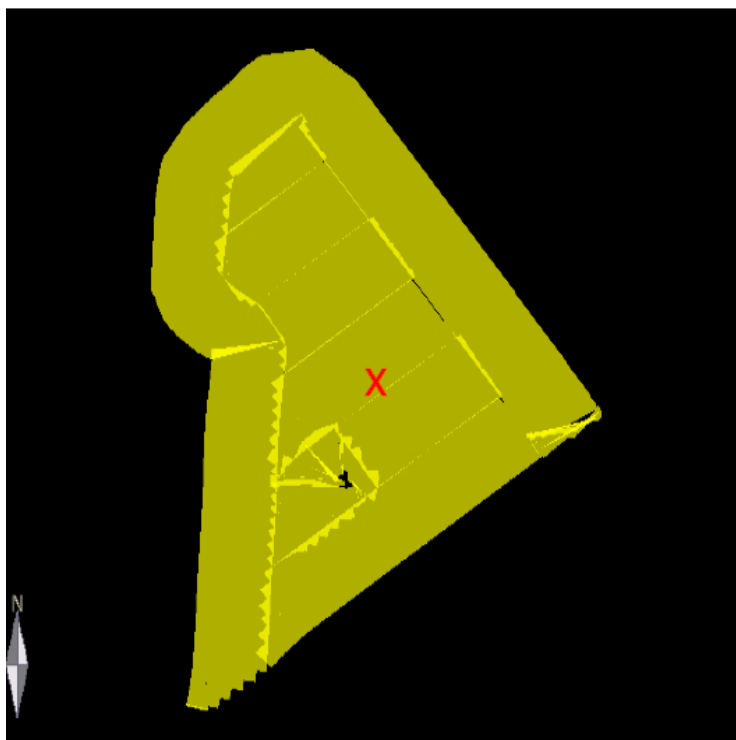


FIGURA 3: OPERAÇÃO COMPLETAMENTE AUTOMATIZADA (DAPA).

Observa se que nos momentos de entrada e saída de linha de aplicação ocorre uma pequena sobreposição, bem como a ocorrência de falhas, ambas podem ser corrigidas, de acordo com a velocidade de trabalho desejada, aumentando se ou diminuindo o tempo que o equipamento deve ligar/desligar a aplicação.

Em situações onde a velocidade de trabalho é elevada, o equipamento deve ser calibrado para que a aplicação seja ligada um periodo de tempo maior anteriormente a entrada da área não aplicada, assim a deposição será no local adequado, o mesmo ocorre com o deligamento da aplicação, deste modo diminui se a sobreposição, consequentemente o desperdicio de produtos, e consegue se um aumento de rendimento do equipamento devido a diminuição de paradas e manutenção de velocidades elevadas de trabalho.

Para a operação apenas com piloto automático(DAPM) este valor foi de 23,24%, como pode ser vizualizado na figura a seguir.

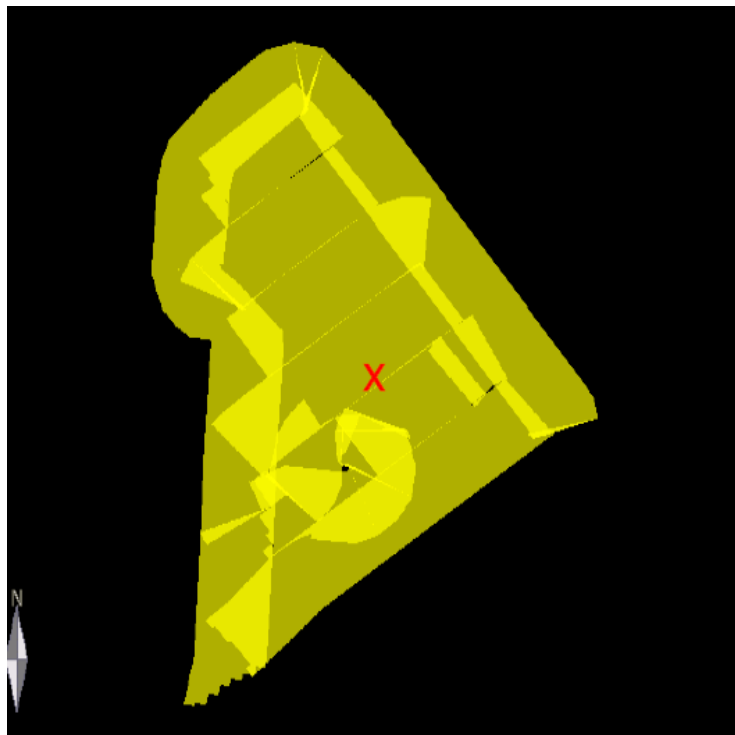


FIGURA 4: OPERAÇÃO SOMENTE COM DIREÇÃO AUTOMATIZADA (DAPM).

No sistema de com direção manual e corte automático de seções o valor obtido foi de 9,08%, como é possível visualizar se na figura a seguir.



FIGURA 5: OPERAÇÃO REALIZADA APENAS COM SISTEMA AUTOMATIZADO DE DESLIGAMENTO DE SEÇÕES (DMPA).

Observa-se na figura 4 que apesar do paralelismo da figura diminuir as sobreposições, nas manobras de entrada e saída de linha de aplicação ocorrem sobreposições substanciais, devido a realização da operação ser manual. Na figura 5, apesar de não haver o paralelismo das linhas de aplicação a sobreposição é drasticamente menor, devido ao controle automatizado de seções.

Para o sistema completamente manual foi de 29,66%, como pode ser visualizado na figura a seguir.



FIGURA 6: OPERAÇÃO REALIZADA TODA MANUALMENTE (DMPM).

Pode-se observar que, conforme aumenta a prática e habilidade do operador ocorre uma diminuição destes valores, além disto áreas maiores tendem a causarem menores índices de sobreposição.

A utilização somente de sistema automatizado de direção não permitiu uma redução severa das perdas por sobreposição, entretanto o principal fator consiste em evitar a ocorrência de faixas sem aplicação, o que comprometeria o desenvolvimento da cultura, seja por matocompetição, doenças ou pragas.

Este sistema permite uma menor compactação do solo e um menor índice de derrapagens, pois a utilização em anos seguidos das mesmas linhas, permite que a compactação seja restringida a este local.

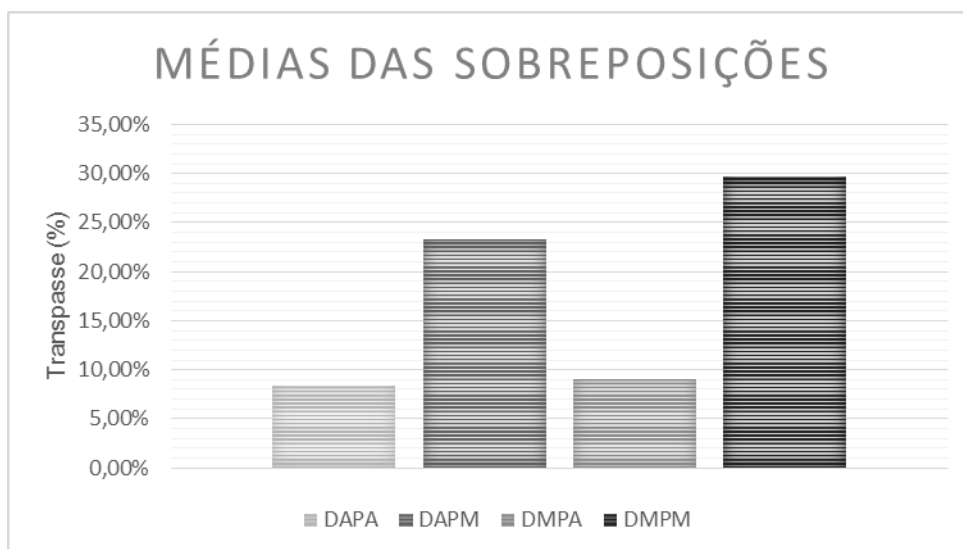


FIGURA 7: MÉDIAS DAS SOBREPOSIÇÕES

Apesar da velocidade de operação estar relacionada com condições de trabalho que contemplam desde as condições climáticas, declividade do terreno, volume de calda aplicada, obstáculos naturais, formato da área, direção e forma de aplicação (pulando curva), sistematização da área (curvas muito altas ou relativamente curtas, além da forma como ocorre à travessia destas), pode se avaliar como os sistemas pode aliviam a demanda de funções a ser realizada pelo o serviço do operador, reduzindo a fadiga, aumentando o tempo e velocidade de operação com pode ser observado no gráfico a seguir.

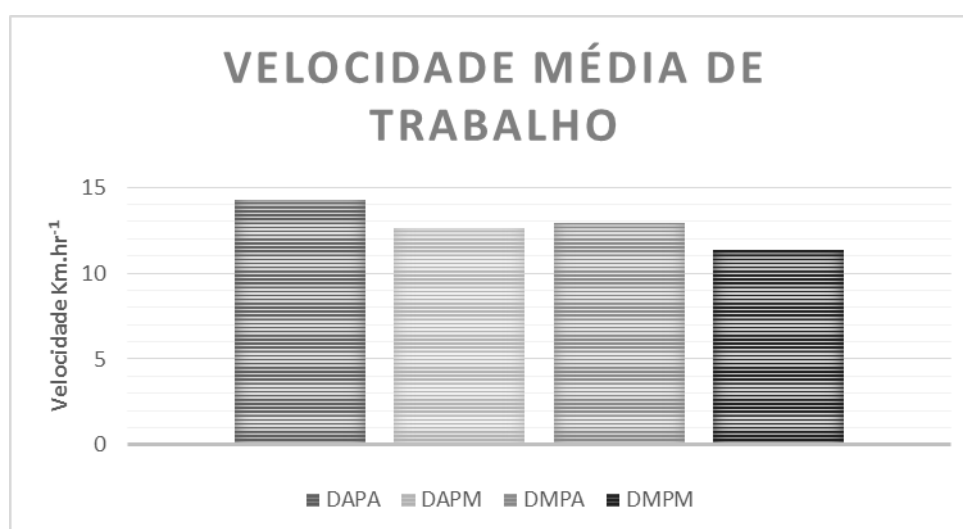


FIGURA 8: VELOCIDADE MÉDIA DE SERVIÇO.

A velocidade média obtida variou para cada tipo de operação sendo de 14,26 km.hr⁻¹, para o sistema completamente automatizado (DAPA), de 12,6 km.hr⁻¹ para o sistema com direção automatizada e controle de pulverização manual (DAPM), de 12,9 km.hr⁻¹, para o sistema com direção manual e controle automatizado de pulverização (DMPA) e 11,36 km.hr⁻¹ para o sistema completamente manual (DMPM). Isto teve reflexo no rendimento operacional, sendo a média de aplicação de 28,27 ha.hr⁻¹ para DAPA, 26 ha.hr⁻¹ para DAPM, 26,74 para DMPA, e 22,32 ha.hr⁻¹ para DMPM, como pode se visualizar no gráfico a seguir.



FIGURA 9: RENDIMENTO OPERACIONAL.

A velocidade incide sobre o rendimento operacional, pois apesar de contar com sistema automatizado de direção, o sistema de fechamento de seções pode influenciar diretamente no consumo de calda, com isto reduzindo o rendimento operacional do equipamento, pois força a ocorrência de uma maior quantidade de paradas para reabastecimento.

Como as janelas de aplicação ótimas para determinados produtos são restritas, o tempo de aplicação explicita ainda mais o rendimento operacional do equipamento, pois permite o maior número de hectares dia aplicados.

O tempo para a aplicação mostrou ligeiras diferenças isto devido ao tamanho da área, sendo o tempo médio de 04 minutos e 36 segundos para DAPA, 05 minutos e 16 segundos para DAPM, 04 minutos e 58 segundos para DMPA e 05 minutos e 55 segundos para DMPM, conforme visualiza se na figura a seguir.

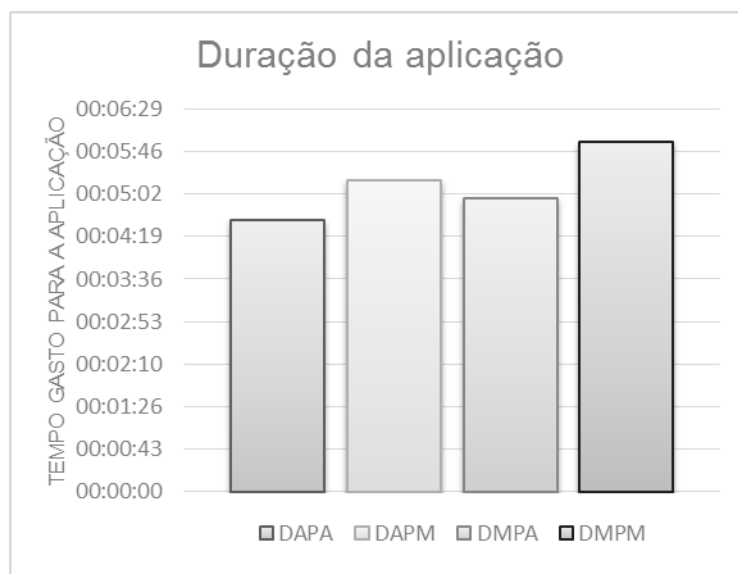


FIGURA 10: TEMPO GASTO PARA A APLICAÇÃO.

Quando observa se a diferença dos tempos de aplicação para a área de 100 hectares os valores são significativos, pois ocorre a soma dos tempos totais de aplicação, assim a proporção é mantida, porém o valor final apresenta diferença significativa devido a área total.

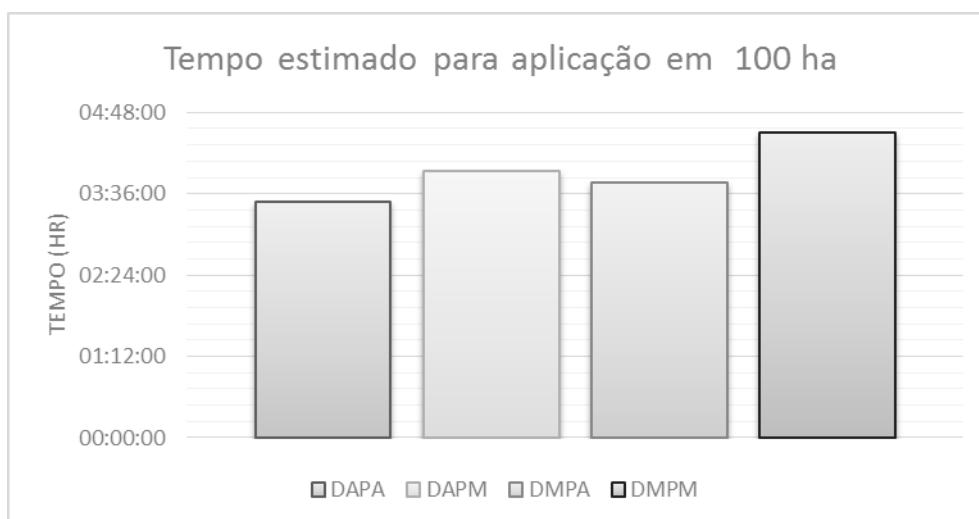


FIGURA 11: TEMPO TOTAL ESTIMADO PARA 100 HA.

A cada tanque de calda a diferença de tempo é de cerca de 14 minutos, entre o mais rápido e o mais demorado, tempo equivalente a quase um terço do tempo gasto para aplicar um tanque no modo completamente automatizado (DAPA).

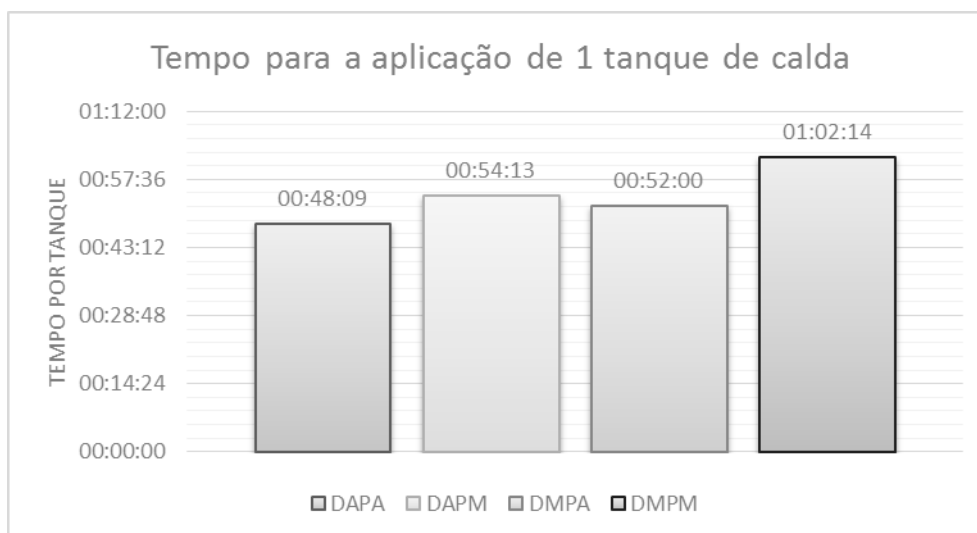


FIGURA 12: TEMPO ESTIMADO POR TANQUE.

O consumo de combustível estimado variou de acordo com o tempo gasto, visto que este foi o método escolhido para determinar o consumo em litros de combustível por hectare, pelo fato de que quando o equipamento estiver ligado estará consumindo combustível. O consumo estimado obtido foi de 1,09 litros por hectares para o tratamento DAPA, 1,25 litros para o tratamento DAPM, 1,18 para o tratamento DMPA, e 1,41 para o tratamento DMPM.

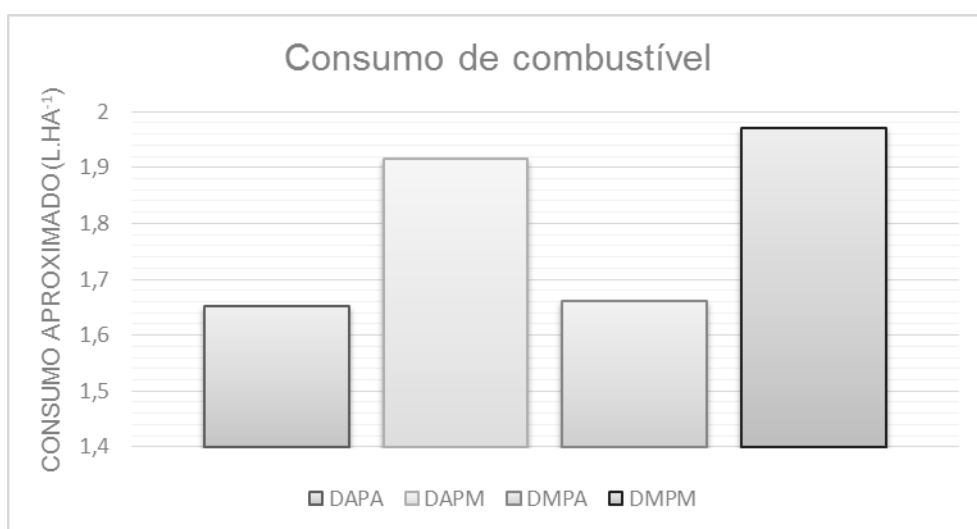


FIGURA 13: CONSUMO DE COMBUSTÍVEL.

Extrapolando o consumo para uma área de 100 hectares, o consumo variou de 109,65 litros em DAPA, 125,53 litros para DAPM, 118,25 para DMPA e 140,87

litros para DMPM, sendo a maior diferença de 14,58 litros, com o preço do óleo diesel cotado a R\$ 2,84 em novembro de 2015, a diferença do sistema mais eficiente para o mais dispendioso é de R\$ 88,66 por aplicação, conforme pode se observar no quadro a seguir.

TABELA 2: CUSTO COM COMBUSTÍVEL.

| Método | DAPA | DAPM | DMPA | DMPM |
|--------------------------------|----------|------------|------------|------------|
| Consumo (L. ha ⁻¹) | 1,09 | 1,25 | 1,18 | 1,40 |
| Consumo-100 ha | 109,66 | 125,53 | 118,25 | 140,87 |
| Diferença (L) | 0 | 15,87 | 8,6 | 31,22 |
| Custo (R\$) Diesel a R\$ 2,84 | 311,42 | R\$ 356,50 | R\$ 335,84 | R\$ 400,08 |
| Diferença (R\$) a DAPA | R\$ 0,00 | R\$ 45,08 | R\$ 24,42 | R\$ 88,66 |
| Em oito aplicações | R\$ 0,00 | R\$ 360,63 | R\$ 195,34 | R\$ 709,25 |

Considerando se um bom manejo das aplicações e uma baixa infestação de insetos praga e de doenças, serão realizadas cerca de 8 aplicações durante um ciclo da cultura da soja, conferindo ao final uma diferença de R\$ 709,25, somente em combustível gasto a mais quando feita a comparação do método mais eficiente ao menos eficiente.

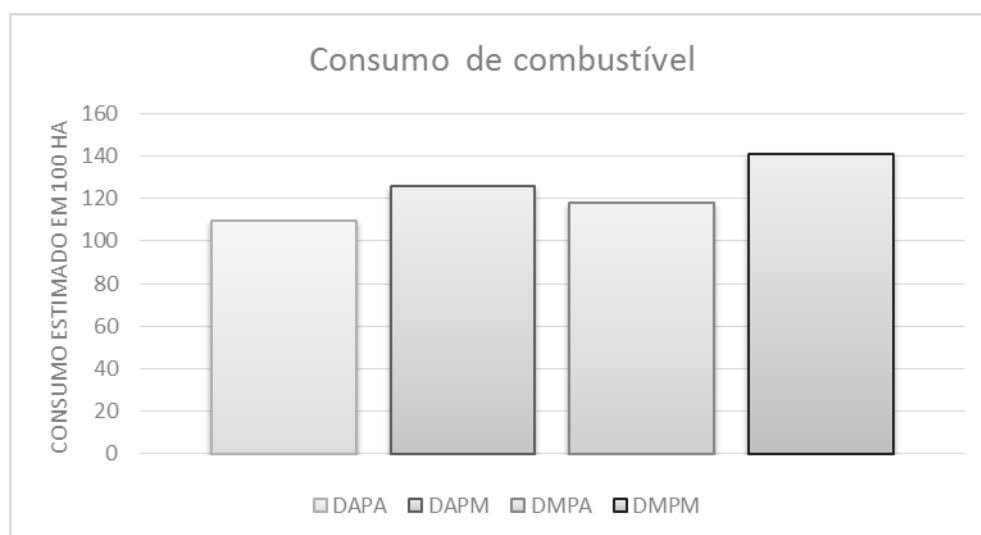


FIGURA 14: CONSUMO EM 100 HECTARES.

A velocidade de aplicação tem efeito direto em todos os outros pontos levantados, quando não ocorre a utilização de sistemas automatizados de direção e

ou pulverização, pois os níveis de transpasse e sobreposições aumentam com a velocidade, pois o tempo de resposta do operador não se altera.

O consumo de combustível está relacionado diretamente com a velocidade e o tempo de aplicação, largura de aplicação e tipo de equipamento utilizado além da experiência do operador em realizar a operação. Para os sistemas com corte de seção automatizada e aliados a sistemas de direção automatizados, os volumes consumido apresentam valores baixos, entretanto, em sistemas com apenas um destes dispositivos o consumo aumenta, se comparado com sistemas completamente manuais este pode aumentar significativamente.

Além disto o consumo foi estimado, pois o equipamento utilizado não conta com sistema de medição do consumo de combustível, este consumo é específico para cada tipo de equipamento utilizado, estando principalmente ligado ao sistema de transmissão, pois equipamentos com sistemas de transmissão hidrostática tendem a apresentar maior rendimento operacional, porém com maior consumo de combustível pois trabalham em rotações mais elevadas, além do próprio consumo de potência do sistema de transmissão.

Observando se os transpasses e o tempo necessários para a realização da operação, o consumo maior de combustível aliado a um sistema automatizado, permite que os gastos com combustível sejam recuperados evitando o desperdício de produtos, além de permitir a aplicação durante a melhor condição climática.

Analisando se os dados obtidos do consumo de combustível, onde na cultura da soja na safra principal são realizadas 8 aplicações e no milho segunda safra são realizadas 5 aplicações, e o consumo de calda, comparando se o sistema completamente automatizado (DAPA), com o sistema completamente manual (DMPM), pode se chegar ao valor de uma economia de R\$ 18.418,17, como explicitado na tabela a seguir.

TABELA 3: PERDAS TOTAIS.

| Perdas | Soja | Milho |
|------------------|---------------|---------------|
| Defensivos | R\$ 11.409,10 | R\$ 5.856,54 |
| Combustível | R\$ 709,25 | R\$ 443,28 |
| Total | R\$ 12.118,35 | R\$ 6.299,82 |
| Total anual | | R\$ 18.418,17 |
| Total anual (ha) | | R\$ 184,18 |

Com estes valores é possível verificar a viabilidade técnica para a compra de um equipamento novo com as mesmas características, levando somente em conta o valor do equipamento novo, sem considerar os custos de manutenção e do custo do capital.

TABELA 4: VIABILIDADE TÉCNICA.

| | |
|----------------------------|----------------|
| Equipamento novo | R\$ 290.000,00 |
| Financiamento (anos) | 8 |
| Valor capital 1ª parcela | R\$ 36.250,00 |
| Valor juros | R\$ 21.750,00 |
| Total parcela | R\$ 58.000,00 |
| Perda total anual(ha) | R\$ 184,18 |
| Área trabalhada (ha) total | 314,9063887 |

O valor de área obtido é de 314,9 hectares, visto que o cálculo realizado para um sistema de cultivo com soja na safra principal seguido de milho na segunda safra.

Os valores de custo podem variar de acordo com os produtos utilizados pelo produtor, assim o somatório de desperdício de produtos, problemas na aplicação por perder o melhor momento para a aplicação, consumo de combustíveis, perdas por doenças e pragas, tanto quantitativamente quanto qualitativamente na produção impactam na receita obtida.

Os diferentes níveis tecnológicos impactam diretamente na produtividade e principalmente na lucratividade, em um cenário onde os custos de produção e a lucratividade estão cada vez mais próximos, evitar perdas pode ser o fator crucial para o desenvolvimento econômico e social.

Apesar de os sistemas mais avançados tecnologicamente propiciarem uma maior economia tanto de insumos quanto de tempo, é necessário que o produtor avalie corretamente os custos e os benefícios para adquirir equipamentos para a produção.

5. CONCLUSÃO

Nas condições do trabalho verificou se que a aplicação com o sistema completamente automatizado apresentou o menor de consumo de calda e sobreposições.

O sistema completamente manual mostrou se com o maior consumo de calda e combustível, além da maior sobreposição.

Com o trabalho pode se concluir que se o agricultor precisar optar entre um sistema automatizado de direção ou de corte de seções este deverá optar pelo segundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, J. S., LOPES, N.F., BACARIN, M.A. crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v17n3/06.pdf>>. Acesso em 25 de novembro de 2015.

BAIO, F. H. R., O piloto sumiu. **Revista Cultivar Máquinas**. Ed. Nº 29, Abril de 2004. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/m29_piloto.pdf>. Acesso em 27 de novembro de 2015.

BATTE, M. T., EHSANI, M. R. Precision Profits: **The Economics of a Precision Agricultural Sprayer System**. Department of Agricultural, Environmental and Development Economics – AEDE, The Ohio State University, 2009. Disponível em: <<http://www.agrisk.umn.edu/cache/arl03216.pdf>>. Acesso em 25 de novembro de 2015.

BATTE, M. T. and EHSANI, M. R. The economics of precision guidance with auto-boom control for farmer-owned agricultural sprayers. **Computers and electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 53, p 28-44, 2006. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/250719222_The_economics_of_precision_guidance_with_auto-boom_control_for_farmer-owned_agricultural_sprayers>. Acesso em 25 de novembro de 2015.

BRIGHENTI, A., VOLL, E., GAZZIERO, D. L. P., ADEGAS, F. S.. Períodos de convivência entre plantas daninhas e a cultura da soja. **Árvore do conhecimento – Soja. AGEITEC – EMBRAPA**. 2008, disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/13_000g1c1d0mi02wx5ok00gmbp4lmpf243.pdf>. Acesso em 04 de dezembro de 2015.

CONTROLE de tráfego. **Revista Cultivar Máquinas**, Edição nº 130, ano XII, junho de 2013. ISSN-1676-0158

EMBRAPA. Doença e Medidas de Controle. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003**. Embrapa Soja Sistema de Produção, 1. ISSN ____Versão eletrônica Jan/2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/doenca.htm>>. Acesso em 04 de dezembro de 2015.

MARTINI, E. R., Agricultura de Precisão em Máquinas Agrícolas. **8º Congresso Brasileiro de Algodão & Cotton Expo 2011**. São Paulo-SP. Setembro de 2011. Disponível em: <www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/anais_cba8.pdf>. Acesso em 28 de novembro de 2015.

REIS, T. C., NEVES, A. F., SANTOS, T. S.. Efeitos de fitotoxicidade na soja RR tratada com formulações e dosagens de Glifosato. **Revista de biologia e ciências da terra**. ISSN 1519-5228. Volume 10 - Número 1 - 1º Semestre 2010, disponível

em: <<http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/glifosato-5156366c0f39e.pdf>>. Acesso em 20 de novembro de 2015.

REYNALDO, E. F. **Avaliação de controlador automático de seções e pulverização**. 91f. Dissertação (Mestrado Agronomia, Área de concentração: Máquinas agrícolas), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP - ESALQ, Piracicaba - SP. 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-13102009-143314/pt-br.php>>. Acesso em 25 de agosto de 2015.

SOUSA, R. V., LOPES W. C., INAMASU, R. Y. Automação de máquinas e implementos agrícolas: eletrônica embarcada, robótica e sistema de gestão de informação. **Tecnologias da Informação e Comunicação e suas relações com a agricultura**. Embrapa Informática Agropecuária, 2015, cap. 11, disponível em <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1010739>>. Acesso em 20 de setembro de 2015.

KARAM, D., GAZZIERO, D. L. P., VARGAS, L., MOURÃO, S. A. Resposta de plantas milho crescidas em solo contendo cletodim. Comportamento de herbicidas no ambiente, **XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência das Plantas Daninhas**. 2012, disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67065/1/843-XXVIIIICBCPD.pdf>>