

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE E EFICIÊNCIA
OPERACIONAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Gismael Francisco Perin

**Santa Maria, RS, Brasil
2008**

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE E EFICIÊNCIA
OPERACIONAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE AGRICULTURA
DE PRECISÃO

por

Gismael Francisco Perin

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola,
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. José Fernando Schlosser

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE E EFICIÊNCIA OPERACIONAL
UTILIZANDO TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO**

elaborada por
Gismael Francisco Perin

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Fernando Schlosser, Dr.
(Presidente/Orientador)

Carlos Ricardo Trein, Dr. (UFRGS)

Reges Durigon, Dr. (UFSM)

Santa Maria - RS, 09 de abril de 2008.

“Se você quer que as coisas mudem, você tem que mudar”.

(Jim Rohn)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho...

...aos meus pais Gelsi e Helena Perin, que apesar da distância, me amaram e apoiaram para realização deste trabalho!

...à Rosilene, esposa exemplar, incentivadora e modelo, com quem há anos compartilho minha vida, agradeço pelo incentivo e apoio incondicional!

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela vida, saúde, determinação, superação e fé.

À **Universidade Federal de Santa Maria**, instituição pela qual sou formado, e grato pela oportunidade de cursar o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Ao Curso de **Pós Graduação em Engenharia Agrícola** pelo apoio no meu aperfeiçoamento profissional.

Ao **Professor Dr. José Fernando Schlosser**, pela oportunidade, por sua orientação, sua amizade, confiança e incentivo.

A minha esposa **Rosi**, pelo incentivo, apoio, paciência e companheirismo.

Aos meus pais, **Gelsi e Helena Perin**, e a minha irmã **Mariângela**, pelo carinho, compreensão, apoio e por estarem sempre ao meu lado incentivando-me e torcendo por mim.

Aos colegas engenheiros agrônomos **Ricardo Fülber e Dirceu Ferri**, pela amizade, pelo auxílio, pelo convívio em plena harmonia durante o tempo em que convivemos juntos.

Aos demais colegas do Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas, **Luis Henrique Zibikoski Ereno, Marçal Dornelles, Pietro Araldi, Alexandre Russini, Leonardo Brondani, André Luiz Casali, Maiquel Witter e Éder Dorneles Pinheiro**, e pela contribuição e espírito de grupo demonstrado durante o tempo em que convivemos juntos neste e outros trabalhos.

Aos professores do NEMA, **Reges Durigon, Airton dos Santos Alonço e Isaias Salin Farret**, pelo companheirismo, disposição e atenção durante este tempo.

Aos professores **Leonardo Nabaes Romano e Arno Dallmeyer** pela coorientação neste trabalho.

Ao projeto Aquarius e as empresas parceiras, por ter cedido os dados e apoiado financeiramente a realização desta dissertação.

A todos meus amigos, que me apoiaram.

A toda minha família, que com certeza torceu por mim.

A todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram com este trabalho.

O autor.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE DIFERENTES OPERAÇÕES AGRÍCOLAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

Autor: Gismael Francisco Perin

Orientador: José Fernando Schlosser

Data e Local da Defesa: Santa Maria - RS, 09 de abril de 2008.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade e a eficiência operacional de duas operações agrícolas utilizando o sistema GPS e softwares como ferramentas para estas avaliações. As operações analisadas foram de colheita, realizada com uma colhedora marca Massey Ferguson, modelo MF34 e de aplicação à taxa variável de insumos, realizada através do conjunto mecanizado trator MF 5310 e distribuidor centrífugo marca Amazone, modelo 1500. As áreas utilizadas estão localizadas na região de Não-Me-Toque/RS. Foi utilizado um receptor de sinal GPS de navegação, embarcado na colhedora e no trator, para a coleta dos dados necessários para as determinações necessárias. Os dados georreferenciados coletados, foram: o trajeto percorrido pelas máquinas na operação, a velocidade de trabalho, à distância percorrida, os tempos de início e fim de operação, tempo de manobras e de descargas ou reabastecimentos, e dados de altitude. A análise, armazenamento e processamento destes dados foram auxiliadas pelos softwares GPS TrackMaker® (trajetos, velocidades, distância e tempos), SGIS® (mapas de produtividade), CR Campeiro 6.0 (mapas de velocidades e altitude) e Microsoft Office Excel™ (filtragem dos dados). As equações para a determinação da eficiência operacional foram às mesmas utilizadas por Mialhe, porém a origem dos dados foi obtida pelo sistema GPS. Além da determinação da capacidade e eficiência operacional, também foi determinada a eficiência de percurso e comparado com a eficiência de trajeto, proposta deste trabalho, na qual a principal informação é à distância percorrida. A eficiência de trajeto se mostrou a informação mais adaptada para talhões com formato irregular. A eficiência operacional da colheita foi de 54,13%, considerada baixa quando comparada com dados médios internacionais. Mesmo com este baixo valor de eficiência, a capacidade operacional na colheita foi de 2,47 ha.h⁻¹. A eficiência operacional na distribuição à taxa variável de insumo, variou nos seis talhões estudados de 52,7% a 65,6%, com valor médio de 58,4%. No caso estudado, a capacidade operacional variou de 12,5 ha.h⁻¹ a 20,6 ha.h⁻¹, média de 17,6 ha.h⁻¹. Além disto, foram confeccionados os mapas de altitude do terreno, baseados nas informações oriundos do sistema GPS. Foram efetuadas correlações entre os diferentes mapas e obtidos valores acima de 90%, chegando a algumas áreas a 98,4%.

Palavras-chave: GPS; mecanização agrícola; softwares.

ABSTRACT

Master's Thesis

Post-graduate Program in Agricultural Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENT AGRICULTURAL OPERATIONS UTILIZING PRECISION AGRICULTURE TECHNIQUES

Author: Gismael Francisco Perin

Advisor: José Fernando Schlosser

Date and Place of Defence: Santa Maria - RS, April 09th, 2008.

The aim of this study was to evaluate the operational capacity and efficiency of two agricultural operations utilizing GPS and software programs as evaluation tools. The operations analyzed were of soybean harvest, carried out with a Massey Ferguson MF34 combine harvester and of variable rate fertilizer application, carried out with a MF 5310 tractor and Amazone 1500 centrifuge distributor. The areas are located in the region of Não-Me-Toque, in the state of Rio Grande do Sul, South of Brazil. A GPS navigator, attached to the combine and tractor was utilized for data collection. The following data were collected and georeferenced: trajectory of the machines in operation, work speed, distance travelled, start and finish times, maneuver, unload and reload times, and altitude. The analysis, storage and processing of these data was supported by the following software: GPS TrackMaker® (trajectory, speed, distance and times), SGIS® (productivity maps), CR Campeiro 6.0 (speed and altitude maps) and Microsoft Office Excel™ (data processing). The equations to determine operational efficiency was in accordance with Mialhe, except that the data were obtained by GPS. Besides determining capacity and operational efficiency, route efficiency was also determined and compared with trajectory efficiency, proposed in this study, in which the main information utilized is the distance travelled. Trajectory efficiency proved to be the most real information for areas with irregular shapes. Operational efficiency of the harvest was 54.13%, considered low when compared to international averages. Even with this low efficiency, the operational capacity of the harvest was of 2.47 ha.h⁻¹. The operational efficiency in the variable rate application, varied between 52.7 and 65.6%, with 58.4% as mean value. This low value was due to the fact that the tractor utilized has a high operational capacity. The operational capacity varied from 12.5 ha.h⁻¹ to 20.6 ha.h⁻¹, with a mean of 17.6 ha.h⁻¹. Altitude maps of the areas were created based on GPS data. Correlations between the different maps were carried out and values of 90% or greater were obtained, in some areas reaching 98.4%.

Key words: GPS; agricultural mechanization; software.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização geográfica das áreas do projeto aquarius.....	42
FIGURA 2 - Ciclo de Agricultura de Precisão.....	43
FIGURA 3 - Histórico do projeto Aquarius.....	43
FIGURA 4 - Conjunto trator / distribuidor centrífugo e colhedora.....	44
FIGURA 5- Mapa do contorno da área do Rio obtido com GPS com 34,6 ha.....	45
FIGURA 6- Mapa do contorno da área da Coxilha obtido com GPS com 14,7 ha. ...	45
FIGURA 7 - Mapa do contorno da área Koeche obtido com GPS com 50,62 ha.....	45
FIGURA 8 - Monitor Datavision® do sistema Fieldstar® da AGCO.	46
FIGURA 9 - Receptor de sinal GPS embarcado no trator.	47
FIGURA 10 - Exemplo de um mapa de aplicação à taxa variável.....	51
FIGURA 11 – Distâncias utilizadas na área do Rio para análise de manobras e trajetos.	56
FIGURA 12- Trajeto percorrido pela colhedora nas áreas do Rio e da Coxilha, nos três dias de operação. (Vermelho dia 18, verde escuro dia 19 e azul dia 20).....	58
FIGURA 13- Trajeto simulado, percorrido pela colhedora nas áreas do Rio e da Coxilha, em dois dias de operação. (Vermelho dia 18 e azul dia 19).....	60
FIGURA 14 - Mapa de rendimento de soja da área da Coxilha, 2007.	62
FIGURA 15 - Mapa de rendimento de soja da área do Rio, 2007.....	63
FIGURA 16 - Mapa de velocidade da operação de colheita de soja na área da Coxilha.	65
FIGURA 17 - Mapa de velocidade (km.h ⁻¹) da operação de colheita de soja na área do Rio.....	66
FIGURA 18 – Diferentes modelos possíveis de trajetos para a colheita na área do Rio.....	71
FIGURA 19 – Diferentes modelos possíveis de trajetos para a colheita na área da Coxilha.	75
FIGURA 20 - Mapa de aplicação à taxa variável de cloreto de potássio (KCl) na área do Rio.....	78
FIGURA 21 - Mapa de aplicação à taxa variável de super fosfato triplo (SFT) na área do Rio.....	78

FIGURA 22 - Mapas de velocidade de operação de aplicação à taxa variável de insumos nas áreas da Coxilha ([a] e [b]), Rio ([c] e [d]), e Koeche ([e] e [f]).	80
FIGURA 23 – Diferentes modelos possíveis de trajetos para distribuição à taxa variável na área do Rio.	85
FIGURA 24 – Diferentes modelos possíveis de trajetos para distribuição à taxa variável na área do Rio.	88
FIGURA 25 - Mapas de altitude da área da Coxilha obtidos de diferentes operações.	91
FIGURA 26 - Mapas de altitude da área do Rio de diferentes operações.	93
FIGURA 27 - Mapas de altitude da área Koeche obtido nas operações de aplicação à taxa variável.	94

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Dados básicos para geração de mapas para agricultura de precisão ...	49
TABELA 2 - Tempo de operação de colheita nas áreas do experimento.....	59
TABELA 3 - Tempo de descargas e de operação da área da Coxilha (segundos). ..	59
TABELA 4 - Tempo de descargas e de operação da área da Coxilha. (Com exclusão do tempo de manutenção).....	61
TABELA 5 - Produção de soja nas áreas do experimento.	62
TABELA 6 - Área, largura, velocidade de operação, distância percorrida e capacidade teórica da colheita.	66
TABELA 7 - Percentual de tempo gasto em descarregamentos pela colhedora.....	68
TABELA 8 - Percentual de tempo gasto em manobras pela colhedora.	68
TABELA 9- Capacidade operacional efetiva e eficiência operacional da colheita.....	69
TABELA 10- Comparação da capacidade e eficiência operacional na operação de colheita, sem o tempo de manutenção ocorrido.....	69
TABELA 11 – Comparação entre eficiência de percurso (EP) e eficiência de trajeto (ET), na operação de colheita mecanizada na área do Rio.	72
TABELA 12 – Eficiência de percurso de diferentes modelos na área do Rio para operação de colheita.	73
TABELA 13 – Diferença de número e tempo de manobra para colheita na área do Rio, em comparação de dois modelos.	74
TABELA 14 – Comparação entre eficiência de percurso (EP) e eficiência de trajeto (ET), na operação de colheita mecanizada na área da Coxilha.	76
TABELA 15 – Eficiência de percurso de diferentes modelos na área da Coxilha para operação de colheita.	76
TABELA 16 – Diferença de número e tempo de manobra na área da Coxilha, para colheita, em comparação de dois modelos.	77
TABELA 17 - Tempo de operação das aplicações à taxa variável.....	79
TABELA 18 - Dose, largura de trabalho, velocidade média e capacidade teórica da aplicação à taxa variável.	81
TABELA 19 - Tempo perdido em reabastecimento na aplicação à taxa variável.....	82
TABELA 20 - Tempo perdido em manobras na aplicação à taxa variável.	83

Tabela 21 - Capacidade operacional efetiva e eficiência operacional da aplicação à taxa variável.	84
TABELA 22 – Eficiência de percurso de diferentes modelos na área do Rio para operação de distribuição de insumos à taxa variável.	86
TABELA 23 – Comparação entre eficiência de percurso (EP) e eficiência de trajeto (ET), na operação de distribuição à taxa variável na área do rio.	87
TABELA 24 – Diferença de número e tempo de manobra na área do Rio, para distribuição à taxa variável, em comparação de dois modelos.....	87
TABELA 25 – Eficiência de percurso de diferentes modelos na área da Coxilha para operação de distribuição à taxa variável de insumos.	88
TABELA 26 – Comparação entre eficiência de percurso (EP) e eficiência de trajeto (ET), na operação de distribuição à taxa variável na área da Coxilha.	89
TABELA 27 – Diferença de número e tempo de manobra na área da Coxilha, para distribuição à taxa variável, em comparação de dois modelos.....	89
TABELA 28 - Correlação de dados de altitude na área da Coxilha de três operações.	91
TABELA 29 - Quantidade de dados gerados pelo GPS para a geração dos mapas de altitude.....	92
TABELA 30 - Correlação de altitude no talhão Rio	94
TABELA 31 - Correlação de altitude do talhão Koeche.....	95

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Valores típicos de eficiência e velocidade operacional para as operações agrícolas estudadas.....	33
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AP- Agricultura de Precisão

ATV – Aplicação à taxa variável

COE – Capacidade operacional efetiva

COTRIJAL – Cooperativa Triticola Alto Jacuí Ltda.

CT – Capacidade teórica

GPS- Geografic Information System

K- Potássio

KCl- Cloreto de potássio

NEMA- Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas

P- Fósforo

RS- Rio Grande do Sul

SFT- Super fosfato triplo

SGIS- Soilteq Geografic Information System

UFSM- Universidade Federal de Santa Maria

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Registro de operação mecanizada de aplicação à taxa variável de fertilizante.....	104
ANEXO 2 – Registro de operação mecanizada de aplicação à taxa variável de fertilizante.....	105
ANEXO 3 – Registro de operação mecanizada de aplicação à taxa variável de fertilizante.....	106
ANEXO 4 – Registro de operação mecanizada de aplicação à taxa variável de fertilizante.....	107
ANEXO 5 – Registro de operação mecanizada de aplicação à taxa variável de fertilizante.....	108
ANEXO 6 – Registro de operação mecanizada de aplicação à taxa variável de fertilizante.....	109
ANEXO 7 – Registro de operação mecanizada de colheita.....	110
ANEXO 8 – Predição de operação mecanizada de colheita.....	111
ANEXO 9 – Tempos de descargas e operação na área da Coxilha (com exclusão do tempo de manutenção).....	112
ANEXO 10 – Tempos de descargas e operação na área da Coxilha.....	113
ANEXO 11 – Tempos de descargas e operação na área do Rio.....	114

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Mecanização agrícola no Brasil	23
2.2 Agricultura de precisão	24
2.3 Sistema de posicionamento global	25
2.4 Mapas de altitude	26
2.5 Eletrônica embarcada	28
2.6 Rastreabilidade de operações	30
2.7 Dimensionamento e seleção do maquinário	31
2.8 Eficiência de Campo	32
2.8.1 Capacidade teórica	34
2.8.2 Manobrabilidade	35
2.8.3 Modelos de campos	36
2.8.4 Formato e tamanho dos talhões	37
2.8.5 A produtividade	38
2.8.6 Condições de solo e de cultivo	38
2.8.7 Avarias	39
2.9 Operações mecanizadas agrícolas	40
3. MATERIAIS E MÉTODOS	42
3.1 Localização das áreas	42
3.2 O Projeto Aquarius	42
3.3 Coleta dos dados	44
3.4 Áreas utilizadas	44
3.5 Estrutura física utilizada	46
3.6 Equipamentos e softwares utilizados	46
3.6.1 Sgis®	48
3.6.2 TrackMaker®	48
3.6.3 Campeiro®	49
3.7 Análise dos dados	49
3.8 Determinação da capacidade e eficiência operacional	50

3.8.1	Capacidade teórica.....	50
3.8.2	Capacidade operacional efetiva e eficiência operacional.....	52
3.8.3	Outros dados determinados.....	52
3.8.4	Eficiência de trajeto.....	54
3.8.5	Análise das manobras e dos trajetos.....	55
3.9	Mapas de altitude.....	56
3.10	Mapas de velocidade.....	57
3.11	Mapas de produtividade.....	57
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1	Operação de colheita mecanizada.....	58
4.1.1	Análise operacional da operação de colheita.....	64
4.1.2	Análise do trajeto e das manobras da operação de colheita.....	70
4.2	Operação de distribuição à taxa variável.....	77
4.2.1	Análise operacional da operação de aplicação à taxa variável.....	79
4.2.2	Análise do trajeto e das manobras na aplicação à taxa variável.....	85
4.3	Mapas de altitude.....	90
5.	CONCLUSÕES.....	96
6.	RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	97
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
8.	ANEXOS.....	104

1. INTRODUÇÃO

Na medida em que a receita líquida dos produtores se reduz, por um lado devido aos altos custos de produção e de outro devido à baixa remuneração obtida pela venda dos produtos, a utilização eficiente dos meios de produção torna-se cada vez mais importante. O momento econômico mundial exige maior eficiência dos meios de produção, não só para se conseguir a colocação de um produto competitivo no mercado, mas também para se conseguir uma margem de lucro compatível com a atividade e para garantir novos investimentos no setor.

A agricultura moderna é uma realidade em grande parte do mundo, levando aos inúmeros adeptos os benefícios de um modo de produção que encara o produtor rural, seja ele um grande ou pequeno agricultor, como um empresário rural.

Para atender essa tendência crescente de se trabalhar neste modelo da agricultura, vem se desenvolvendo e adaptando diversas técnicas e conceitos de produção que tendem a alavancar a produção agrícola difundindo assim esse novo modelo de agricultura por todo o mundo.

Diversos países investem em pesquisa visando reduzir ou manter as áreas de cultivo, devido principalmente ao alcance dos limites da fronteira agrícola, enquanto simultaneamente elevam a produção e os rendimentos desta área.

Uma agricultura moderna e eficiente começa no planejamento das atividades de uma propriedade, onde é buscada, além de altas produtividades, a minimização de custos e a preservação do ambiente. Esta agricultura exige a interação de todos os fatores de produção. Fatores como cultivares, fertilidade, mecanização, manejo de água e controle de insetos, doenças e plantas invasoras, estão relacionados de tal modo que qualquer um deles pode ser limitante em relação aos demais.

A expansão recente do conhecimento humano, através de novas descobertas e de novas tecnologias, tem ocorrido a tal velocidade e magnitude que a obsolescência das mesmas torna-se proporcional à velocidade de ocorrência. A agricultura de precisão é uma tecnologia moderna que caracteriza de forma exemplar esta dinâmica.

O desenvolvimento dessa agricultura moderna, equilibrada e ao mesmo tempo eficiente, tem levado a crescente necessidade de modelos de interação entre ambiente, produtividade e econômico.

A agricultura moderna exige o uso de corretivos e fertilizantes em quantidades adequadas, de forma a atender critérios econômicos e ao mesmo tempo conservar a fertilidade do solo, mantendo ou elevando a produtividade das culturas. Um dos fatores que influencia a obtenção de melhores produtividades está baseado na adequada distribuição de nutrientes em função da necessidade dos cultivares e da variabilidade espacial existente nos solos.

A agricultura de precisão objetiva identificar a variabilidade espacial de certas características físico-químicas e biológicas do solo, para um posterior monitoramento e correção, se necessário, localizado de insumos, reduzindo desperdícios e conseqüentemente aumentando os lucros e mantendo a qualidade do meio ambiente (BLACKMORE, 1994).

Independente do setor de atuação, o profissional, seja ele do campo ou da cidade, deve sempre estar acompanhando as inovações para que não fique à margem da tecnologia e das novas tendências. Para isso, cada vez mais a agricultura tende a ser uma atividade que requer uma gestão semelhante a que ocorre em empresas industriais e comerciais. Entretanto, é necessário que o produtor rural ou seu assessor tenha domínio de diferentes áreas de conhecimento, como a técnica de produção e a administração de todos os seus fatores de produção.

Contudo, para que se tenha o domínio da produção é fundamental que o produtor conheça alguns princípios básicos de economia e administração. Conhecer seus custos, receitas e lucros; saber o quanto cada fator de produção gera de custo e de lucro, é imprescindível para que se possa calcular a viabilidade econômica de determinado fator de produção. A maioria dos produtores agrícolas desconhece seu custo de produção, acarretando com isto uma dificuldade para saber se a adoção ou permanência de uma tecnologia na propriedade é viável.

O uso da gestão rural é a maneira mais eficiente de utilizar os recursos da empresa rural, sejam humanos, materiais e econômicos. Serve para planejar, acompanhar e controlar uma propriedade rural com muita competência, ajustar as tecnologias aos objetivos do produtor, aumentar sua renda, diminuir os riscos na

produção, de mercado e de trabalho garantindo um bom padrão de vida ao produtor e sua família.

Segundo Deere & Company (1975) o gerenciamento de maquinaria tem-se tornado cada vez mais importante na execução das operações agrícolas, por estar diretamente relacionado com a capacidade de combinar terra, trabalho e capital, para a obtenção de um retorno que signifique lucro satisfatório. O estudo das operações agrícolas, levando-se em conta a capacidade de trabalho e a eficiência de campo, visa racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas, na execução dos trabalhos.

Um dos fatores que mais participam do custo de produção é o operacional onde é responsável por aproximadamente 30 a 40% do custo total. Este valor varia de acordo com a propriedade rural e, devido a esta variação, é necessário que o produtor determine, em cada propriedade, seu custo de produção. A determinação de seu valor real é importante para saber se a mecanização presente na propriedade é suficiente ou não e, conseqüentemente, gera lucro ou onera a produção. Esta determinação deve ser realizada para cada máquina e consiste em conhecer a real capacidade operacional e sua eficiência no processo de produção da propriedade.

As máquinas e os equipamentos agrícolas são projetados para executar alguma operação específica. O desempenho destas máquinas é medido pela taxa que uma operação pode ser concluída, e/ou pela qualidade de uma operação. Os produtores são preocupados sobre a taxa de operações das máquinas desde que muitas práticas agrícolas devem ser terminadas em um tempo predeterminado. As taxas do desempenho das máquinas são representadas geralmente como alguma quantidade pelo tempo da unidade. Por exemplo, ao representar o desempenho de campo de uma máquina grande, as unidades comuns podem ser hectares por hora.

As avaliações de desempenho são também importantes para o dimensionamento e a seleção apropriada da maquinaria. Os proprietários e os gerentes necessitam determinar quanto uma máquina pode fazer e com que qualidade ela faz pelo que foi projetada a fazer. Ou seja, quão eficiente é a máquina. O uso e a operação ineficiente da máquina aumentam despesas de operação e diminuem os lucros potenciais. O interesse para a qualidade do desempenho da máquina necessita de pouca explanação. Não há simplesmente nenhuma razão em

projetar, construir, comprar e usar uma máquina que não execute uma operação com um grau elevado de qualidade.

Existem diferentes tipos de eficiências como a eficiência mecânica, eficiência do desempenho e eficiência do campo. A eficiência do campo, a qual foi estudada, é a comparação do tempo que uma máquina gasta realmente para fazer uma operação que ela foi projetada, comparado ao tempo total da máquina quando em operação.

Para obter o valor mais próximo possível do real do custo operacional numa atividade agrícola, é essencial que os valores de eficiência operacional sejam determinados com precisão, sem com isso interferir no trabalho realizado pelo conjunto mecanizado estudado. É justamente pela não interferência na operação, que a rastreabilidade das operações agrícolas através de eletrônicos embarcados nas máquinas, como o sistema GPS, torna-se a principal ferramenta atual para a determinação da capacidade operacional. Além disto, a principal dificuldade encontrada num projeto como este é a coleta de dados a campo, onde é dispendioso tanto de recursos financeiros como de recursos humanos e temporais.

A agricultura de precisão, cada vez mais presente no agronegócio brasileiro, através do surgimento de empresas de consultoria e prestação de serviços, e pela adoção crescente por técnicas e ferramentas de agricultura de precisão pelos produtores (MOLIN, 2004), estas ferramentas não são otimizadas, principalmente na parte da gestão operacional. Grande parte dos produtores que adotam estas ferramentas utilizam apenas seus recursos básicos, para o gerenciamento da produção, como a aplicação a taxa variável e coleta de dados para a confecção dos mapas de rendimento. Dificilmente utilizam todos os recursos disponíveis no pacote completo dos softwares, como dados da rastreabilidade da operação. Devido à existência destes dados de rastreabilidade de operações agrícolas e a disponibilidade de softwares que executem o processamento destas informações, é que este trabalho se torna viável para execução onde possa desenvolver uma metodologia de adoção destas práticas para os produtores.

Entretanto, se a eficiência operacional das máquinas pode ser medida, através de recursos disponíveis em agricultura de precisão, esta informação pode ser utilizada para análise da operação e conseqüentemente para a melhoria da

eficiência de todo processo produtivo e gerencial de uma fazenda, auxiliado pela rastreabilidade das operações e incrementando os ganhos econômicos.

Este trabalho teve por objetivo principal determinar a capacidade e a eficiência operacional das máquinas utilizadas na agricultura de precisão do projeto aquarius.

Os objetivos específicos deste projeto foram:

1. Utilização de softwares para auxílio no gerenciamento operacional mecanizado para a determinação da capacidade e eficiência operacional;
2. Elaboração de uma metodologia para a determinação da capacidade e eficiência operacional através do sistema GPS e softwares disponíveis comercialmente;
3. Elaboração de propostas práticas de intervenção com o intuito de aumentar a eficiência operacional;
4. Análise do padrão de trajeto percorrido e das manobras realizadas pelo conjunto mecanizado para estimar a eficiência de percurso;
5. Utilização dos dados de altitude advindos do receptor GPS para elaboração de um mapa planialtimétrico padrão de cada talhão para utilização em tomadas de decisões gerenciais e operacionais;
6. Utilização dos dados da rastreabilidade da operação para serem transformados em informação gerencial objetivando a melhoria de padrões de operação e otimização da frota;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mecanização agrícola no Brasil

A mecanização agrícola tem como objetivo o emprego adequado dos equipamentos e máquinas agrícolas, visando sua otimização, com a racionalização dos custos. Ela exerce um papel fundamental, pois, além de multiplicar a capacidade produtiva, permite obter maior eficiência na produção agrícola. A adoção da mecanização agrícola no país evoluiu significativamente nas últimas cinco décadas.

Segundo Monteiro (2002), a primeira colheita mecanizada de arroz no Brasil começou nos anos 30 no Rio Grande do Sul. Era o início de um processo evolutivo que teria conseqüências não apenas na economia, mas em toda a sociedade.

O grande salto no uso de tratores ocorreu nas décadas de 30 e 40, com a mecanização da cafeicultura paulista e, mais tarde, com a abertura de áreas no Paraná (DALLMEYER, 2002). Em algumas décadas, o país passou da tração animal para a tratorização, da subsistência para a economia de escala no campo, do feudo para a agroindústria. Vinte e dois anos mais tarde, em 1952, Getúlio Vargas deu o grande impulso da mecanização no Brasil. O então presidente criou o 'Planta Trigo', um projeto que visava à auto-suficiência de trigo no país e impulsionou a agricultura brasileira. A partir desse momento, os agricultores passaram a importar tratores e máquinas agrícolas em quantidade maior.

Com a vinda de máquinas agrícolas de outros países, faltava assistência técnica para estes equipamentos. No final da década de 50, existiam no país 150 marcas e mais de 450 modelos de tratores, um grande problema para reposição de peças e assistência técnica. Para resolver essa questão, por volta de 1960, com a vinda da indústria automobilística para o Brasil, o país deu início à fabricação de máquinas pesadas e implantou-se a produção nacional de tratores (MONTEIRO, 2002). Em 1960, segundo Dallmeyer (2002), foram fabricados os primeiros tratores nacionais, montados pela Valmet (atual Valtra), em Mogi das Cruzes, SP.

Monteiro (2002) explica que todo esse processo de mecanização no campo melhorou a qualidade de vida dos agricultores brasileiros. O trabalho tornou-se menos árduo e em menos tempo o agricultor produzia mais. É claro que esse processo teve como conseqüência o êxodo rural, mas os produtores que ficaram no

campo tiveram melhores condições de trabalho, maior produtividade e obtiveram uma renda maior.

2.2 Agricultura de precisão

Segundo Umezu (2003), o termo "Agricultura de Precisão" é utilizado para descrever o uso de tecnologias avançadas, buscando a redução dos custos de produção. Conforme diversos autores, a agricultura de precisão pode ser dividida em três grandes etapas: a coleta de dados, com o objetivo de mapear a variabilidade espacial e temporal do campo; a análise de dados e tomada de decisões e na aplicação localizada de insumos agrícolas.

A agricultura de precisão é um conjunto de técnicas que propõem o tratamento localizado dos pontos do terreno com base na variabilidade espacial, procurando maximizar o uso da terra e dos insumos, aumentando a produtividade da propriedade e diminuindo o custo com insumos (MOLIN, 1998).

As etapas da agricultura de precisão constituem um ciclo que é repetido a cada safra. Para completar o ciclo da agricultura de precisão são necessários equipamentos com capacidade de aplicar, de forma precisa, insumos a taxas variáveis (UMEZO, 2007).

Para Molin (2006), as técnicas de agricultura de precisão diferenciam-se dos conceitos tradicionais de agricultura pelo seu nível de gerenciamento, sensor de produtividade é um, dentre os muitos recursos, utilizados pelos agricultores que adotam essas técnicas. O conhecimento adquirido com as informações fornecidas pela agricultura de precisão permite aos produtores melhor suporte na tomada de decisões, resultando em economia de insumos e potenciais benefícios ao meio ambiente.

A adoção de técnicas de agricultura de precisão destaca-se entre os agricultores que visam a otimizar os recursos disponíveis, enfatizando o aumento de produtividade e mantendo ou reduzindo o total de insumos (BLACKMORE, 1994), pois, ao se considerar a variabilidade espacial dos fatores de produção, é possível aplicar as quantidades necessárias em cada ponto, fortalecendo os conceitos de agricultura sustentável (GOERING & HANS, 1993).

Blackmore *et al.* (1994) relatam que a agricultura de precisão é o termo que descreve a meta de aumentar a eficiência do manejo na agricultura, sendo uma

tecnologia em desenvolvimento, que modifica técnicas existentes e incorpora novas ferramentas para o administrador utilizar.

Campo (2000a) considera que agricultura de precisão é o conjunto de técnicas e procedimentos que permite conhecer, localizar geograficamente e delimitar áreas de diferentes produtividades, através do emprego da informática, programas específicos, sensores, controladores de máquinas e sistema de posicionamento global (GPS).

Dallmeyer & Schlosser (1999) relatam que a agricultura de precisão engloba o uso de tecnologias atuais para o manejo do solo, insumos e culturas de modo adequado para as variações espaciais e temporais nos fatores que afetam a produtividade das mesmas. O que tem levado a esta nova filosofia de prática agrícola é o uso de três novas tecnologias, que são o sensoriamento remoto, o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) e o sistema de posicionamento global (GPS). A agricultura de precisão é um conceito de sistema de produção agrícola que envolve o desenvolvimento e a adoção de técnicas de gestão, baseado no conhecimento com o objetivo principal de otimizar a rentabilidade. Este sistema permite práticas de gerenciamento com computador pessoal, que é a possibilidade de administrar cada local do campo adequadamente, se é econômico e tecnicamente vantajoso administrá-lo a este nível.

A evolução da informática, tecnologias em geoprocessamento, sistemas de posicionamento global e muitas outras tecnologias estão proporcionando à agricultura uma nova forma de se gerenciar a propriedade (TSCHIEDEL, 2002).

2.3 Sistema de posicionamento global

Segundo Morgan (1997), o sistema de posicionamento global (GPS) foi criado pelo governo dos Estados Unidos com o objetivo principal de localizar suas tropas em qualquer lugar da terra. É constituído de 24 satélites, dos quais 21 são de uso corrente e três em espera. Eles orbitam a uma altura de 20.200 km em seis órbitas distintas, igualmente espaçadas de 60 graus, com quatro satélites por órbita. Os sinais são emitidos em duas bandas (L1 e L2) com dois códigos diferentes: o Y (*Precision code*) e o C/A (*Coarse Acquisition code*); assim sendo, o sistema teoricamente permite uma utilização de cinco a oito satélites constantemente, em qualquer lugar do globo (CASTRO, 2004).

O uso de GPS na agricultura possibilita uma abordagem localizada dos problemas dentro da propriedade rural. O alto custo de aquisição e uso dessas ferramentas tem detido um avanço maior da agricultura de precisão no Brasil. Para que se possa usar um GPS para fins de agricultura de precisão, é necessário que esse tenha acurácia de, no mínimo 2 m, sendo essa suficiente para a maioria das aplicações; em algumas aplicações agrícolas, pode ser necessária acurácia maior (STABILE, 2006).

A grande variabilidade de solos e condições num mesmo talhão da fazenda é tratada diferentemente e, para tanto, é necessário que o GPS produza dados confiáveis e consistentes (BALASTREIRE, 2001).

Baio et al. (1998), citam as principais fontes de erros para o posicionamento, ao se utilizar do sistema GPS: a disposição geométrica dos satélites, o efeito do multicaminhamento, o erro do relógio do receptor GPS, a interferência da ionosfera e o erro orbital do satélite. Afirmam, ainda, que a acurácia do sistema depende de vários fatores, dentre eles: configuração do sistema GPS no momento do posicionamento; frequência do sinal GPS utilizado para o posicionamento (L1, L2 ou C/A); configuração do receptor GPS, como taxa de aquisição, máscara de elevação; interferência do multicaminhamento no sinal GPS, e o método utilizado para a correção diferencial (satélite, rádio, pós-processado).

Segundo Han et al. (1994), para aumentar a acurácia do sistema, pode-se usar uma técnica de correção das posições, denominada correção diferencial. Assim, para o funcionamento do sistema de GPS diferencial ("Differential Global Positioning System - DGPS"), um segundo receptor, denominado receptor ou estação-base, deveria ser instalado em um ponto fixo e de coordenadas conhecidas. O erro de posicionamento pode ser estimado por meio da comparação entre os valores calculados pelo receptor fixo de GPS e as coordenadas conhecidas do ponto e pode ser transmitido, via rádio, para o receptor móvel, o qual fará a leitura da correção enviada pela base, e o valor da posição a ser armazenado pode ser, então, corrigido.

2.4 Mapas de altitude

Segundo Cremonini (2002), os dados obtidos com receptor GPS possuem acurácia para subsidiar estudos com variáveis relacionadas com altimetria, em áreas

com relevo acidentado, não possuindo acurácia para áreas que exigem maior precisão, como é o caso de terrenos com relevos planos e operações de sistematização de áreas, no caso de arroz irrigado.

Verma et al. (1998), ressaltam a importância da utilização de mapas altimétricos para manejo das áreas de agricultura de precisão, inclusive para obterem subsídios para aplicação variável de agroquímicos.

De acordo com Krummel & Su (1996), há influência da altimetria do terreno na produtividade, havendo correlação com a retenção de água do solo, disponibilizando mais ou menos água para as plantas o que afeta diretamente a produção, proporcionando assim produtividades distintas em um mesmo talhão.

Yang et al. (1998) encontraram de 13 a 35% de resposta à variabilidade em produção de trigo devido a fatores relacionados à altimetria. Kravchenko et al. (1999) afirmam que 20% das variáveis de produção estão correlacionados à altimetria do terreno, como depressões, declividades, bacias de retenção de água e morros. Propriedades físicas e químicas do solo combinadas com o relevo da área explicaram 40% da variabilidade na produção em estudos dirigidos pelos autores em ambientes de clima temperado, com relevo pouco acidentado.

Para recomendações de adubação, Sudduth et al. (1999) realizaram estudos visando definir a influência do solo e da altimetria do terreno sobre a disponibilidade de nutrientes as plantas, a fim de elevar a produtividade com o uso racional de fertilizantes.

Hollands (1996) encontrou correlação entre a altimetria do terreno e a disponibilidade de nitrogênio residual. Nas partes mais altas da lavoura geralmente a disponibilidade é maior do que nas partes mais baixas. A detecção dessa variável de produção só foi possível a partir de amostragens de solo georreferenciadas e em grades da geração de mapas altimétricos com GPS. Foi detectada correlação entre os mapas de nitrogênio e os mapas altimétricos. Para adequar o número de amostras de solo, a aplicação a taxa variável de sementes, de herbicidas e de fertilizantes o autor sugere a utilização de mapas altimétricos de produtividade e de imagens de satélite.

Em experimentos com as culturas do trigo e da canola, Pennoch et al. (1999) propuseram fertilizações de nitrogênio e fósforo, de acordo com o relevo do terreno.

Os autores constataram a influência do relevo na disponibilidade de nutrientes às plantas.

Kutcher et al. (1999) ressaltam a importância dos levantamentos altimétricos nos campos de produção. Em estudos relacionados com as culturas do trigo e da canola, constaram que a severidade de doenças relaciona-se com o relevo. Assim, propõem tratamentos com aplicação de defensivos agrícolas em doses variáveis de acordo com o relevo do terreno.

Kravchenko et al. (2000) realizaram um estudo relacionando a variabilidade na produção de milho e as características de declividade do terreno. Observaram que é possível fazer inferências quanto à distribuição da produção nas partes mais altas e nas partes mais baixas do terreno, bem como a influência da altimetria do terreno nos fatores de produção de grãos.

Kravchenko et al. (2000), em uma área agrícola com monitoramento da produção, conduziram um estudo para estabelecer as correlações entre a produção de milho e soja e a altimetria da área e os atributos do solo. As propriedades do solo explicaram 30% da variabilidade, revelando a altimetria do terreno maior influência sobre ela: as maiores produções consistentemente foram encontradas nas partes mais baixas do terreno. Outros fatores, como áreas com drenagem ruim, áreas com erosão podem explicar baixas produtividades, e fatores de solo associados à altimetria explicaram 40% da variabilidade auferida.

2.5 Eletrônica embarcada

Sendo uma das mais antigas atividades humanas, a agricultura tem acompanhado a evolução do homem e suas técnicas, refletindo ao longo da história os avanços no domínio dos elementos da natureza, na logística, no planejamento, no armazenamento, no uso de animais e ferramentas, na organização de sociedades e divisões de trabalho, no comércio, no transporte, na mecanização, no uso do vapor, no uso da eletricidade, no uso de técnicas genéticas, e finalmente, no uso da eletrônica.

A eletrônica e os dispositivos com ela construídos vieram a auxiliar o homem a melhor interpretar os sinais do solo e mais seguramente controlar os implementos e máquinas agrícolas disponíveis. Esses equipamentos eletrônicos não só permitem a clássica arquitetura de leitura de sensores e controle de atuadores, como

disponibilizam informações para a tomada de decisão ao operador, armazenam dados para uso de planejamento futuro, utilizam algoritmos inteligentes para tomar decisões em tempo real, comunicam com computadores remotos e automatizam processos complexos.

Há dois processos distintos que a eletrônica embarcada nos tratores pode nos disponibilizar. A primeira é dar apoio ao operador, fornecendo a este informação sobre a operação que está sendo realizada, como por exemplo, velocidade de operação, dose aplicada, monitoramento da semeadura, etc. A segunda é a liberação da atenção do operador do trajeto a ser percorrido, para que ele possa acompanhar as informações da operação em questão. Este segundo processo pode ser exemplificado com o uso de piloto automático. Ambos necessitam de equipamentos eletrônicos embarcados no trator, e cumprem objetivos diferentes, porém complementares.

Atualmente, a maioria das operações agrícolas pode ser considerada mecanizada, embora ainda comportem uma ação manual associada ao controle ou manejo da máquina utilizada (MIALHE, 1974).

Entretanto, nota-se que os operadores brasileiros, na realização de suas tarefas, baseiam-se em suas experiências individuais, e nas informações obtidas através do painel de instrumentos do trator, sendo necessário, portanto, não só fornecer-lhes um treinamento adequado, mas também informações suplementares que lhes possibilitem a escolha do modo otimizado das operações agrícolas (CAPPELLI, 1990).

Segundo Mialhe (1974), devido a fatores econômicos, não era viável, do ponto de vista prático, adotar mecanismos que servissem de auxílio aos operadores de máquinas agrícolas, como por exemplo, o piloto auxiliar e monitores de rendimento. Esta era a razão pela qual era de extrema importância o treinamento de operadores, para a execução de determinada operação agrícola. Atualmente, devido à eletrônica embarcada nestas máquinas, o tipo de treinamento para os operadores está se modificando de tal forma passa de um modelo de percepção da operação para conhecimento de eletrônica em máquinas.

Caso o operador efetuar uma falha na aplicação de um determinado insumo durante a operação e este não perceber, não há como identificá-la e, portanto, não há como corrigi-la. Os eletrônicos embarcados como computadores de bordo e

sistema GPS permitem que se obtenham a rastreabilidade da operação, com informações apuradas sobre a qualidade desta operação realizada. Com isso, é possível verificar posteriormente e sem interferência do operador, de forma automatizada, se a operação mecanizada foi satisfatória, se houve a presença de falhas na aplicação, se a dose aplicada foi a correta para aquele local, entre outros fatores.

2.6 Rastreabilidade de operações

A rastreabilidade é um mecanismo que permite identificar a origem do produto desde o campo até o consumidor, podendo ter sido, ou não, transformado ou processado. É um conjunto de medidas que possibilitam controlar e monitorar todas as movimentações nas unidades, de entrada e de saída, objetivando a produção de qualidade e com origem garantida (PALLET et al., 2003).

Para Porto (2007), um sistema de rastreabilidade poderia apontar um problema de segurança numa região específica da cadeia de produção, por exemplo, em um produtor ou até mesmo numa plantação; identificando-se o problema, poder-se-ia retirar do mercado os produtos irregulares e corrigir os problemas exatamente onde eles ocorreram, acelerando o processo e diminuindo os impactos econômicos negativos aos participantes da cadeia de produção.

O conceito de rastreabilidade tem adquirido importância significativa nos últimos tempos, principalmente nos mercados internacionais de produtos agrícolas. O Brasil, sendo destaque nesse mercado, tanto como produtor quanto exportador desses produtos, já tem iniciado a implementação de sistemas de rastreabilidade nas cadeias de carne bovina (LOPES, 2003) e soja (INSTITUTO GENESIS, 2004).

A palavra rastreabilidade não consta ainda em nossos dicionários, mas indica a possibilidade de seguir os passos de alguma coisa, no caso, o histórico do animal desde o nascimento ou aquisição até o momento do seu consumo ou de uma de suas partes (REZENDE & LOPES, 2004). Rastreabilidade animal é um sistema de controle de animais que permite sua identificação individual desde o nascimento até o abate, registrando todas as ocorrências relevantes ao longo de sua vida (SISBOV, 2002).

De acordo com Schaeffer & Caugant (1998) o conceito de rastreabilidade envolve a recomposição da história do produto alimentício. Pode, assim, ser útil

estabelecer: a origem exata de uma produção de animais domésticos ou de vegetais, com os vários fatores que incorporam seu desenvolvimento; o histórico dos processos aplicados ao produto; a distribuição e a localização do produto acabado.

Entretanto, para operações agrícolas mecanizadas, a rastreabilidade ainda não é utilizada como na bovinocultura. Isto se deve ao fato de não haver grande quantidade de máquinas e equipamentos que possam realizar a coleta destas informações, quando comparada com a bovinocultura. Porém, os conceitos de rastreabilidade aplicados para as operações agrícolas são semelhantes ao aplicado em outros setores da agropecuária.

A importância da rastreabilidade das operações vem ganhando força a medida que os consumidores, principalmente os de países europeus, exijam o conhecimento da procedência dos produtos por eles consumidos. Isto é uma tendência mundial, viabilizada, em parte, por tecnologias atuais como o sistema GPS e informática.

Mesmo assim, ainda é remota a utilização de sistema de rastreabilidade de culturas agrícolas e menor ainda a de operações mecanizadas nestas culturas. Entretanto, a adoção desta ferramenta é desejável à medida que a demanda por informações sobre o produto produzido é aumentada.

A importância dos dados de rastreabilidade das operações mecanizadas é quase indispensável para o gerenciamento das operações mecanizadas em agricultura de precisão. Pode-se, por exemplo, verificar a velocidade da operação e se as taxas de aplicação foram efetuadas corretamente nos locais predefinidos pelo mapa de aplicação. Enfim, é possível coletar, armazenar e analisar os dados de cada operação agrícola para informação e tomada de decisão posterior.

2.7 Dimensionamento e seleção do maquinário

O gerenciamento do maquinário engloba o estudo de seleção, controle de operação e determinação do momento adequado para substituir novas máquinas em propriedades agrícolas (WITNEY, 1987).

A otimização do requerimento de potência e maquinário de uma propriedade é um problema complexo. Deve potência requerida para as operações podendo ser pela determinação da frota requerida para uma cultura, ou ainda pode pelo dimensionamento de um trator para operações sobre diversas culturas (WITNEY,

1987). Para selecionar o número e o tamanho do maquinário sem que haja o superdimensionamento ou sobrecarga de trabalho é extremamente útil o levantamento das perdas por atraso de operação (WITNEY, 1998).

A seleção do maquinário agrícola de uma propriedade deverá ser suficientemente grande para executar todas as operações que são necessárias realizar durante o ciclo de uma determinada cultura, num período de tempo determinado (TAYLOR, 2001). Existem vários modelos matemáticos que foram desenvolvidos para dimensionar corretamente o maquinário, entretanto há limitações devido às diferenças regionais das propriedades.

Tulu *et al* (1974), desenvolveram modelos para analisar o custo e o tamanho ideal do maquinário para a semeadura de milho. Eles concluíram que há três fatores que influenciam no custo: a relação entre a semeadora e o solo, o número de dias aptos para a semeadura e a capacidade de campo efetiva diária. A relação entre a semeadora e o solo refere-se às características técnicas da semeadora que variam conforme o tipo de solo. A capacidade de campo efetiva diária depende da velocidade de operação, da largura do implemento, da eficiência de campo e da jornada de trabalho.

Segundo Taylor (2001), historicamente os agricultores incrementam a capacidade de campo diária aumentando a jornada de trabalho diária, trabalhando até em períodos noturnos. Entretanto, com o sistema de plantio direto, a jornada de trabalho é limitada por fatores dependentes das condições dos restos culturais presentes no solo, que estão diretamente ligadas com o teor de umidade destes restos culturais e com as propriedades fisiológicas deste material, como por exemplo, a relação C/N.

2.8 Eficiência de Campo

Segundo Mantovani (1987), para que um equipamento seja utilizado racionalmente, é necessário conhecer o sistema de manejo de solo e as propriedades físicas deste, a energia consumida e, também, a capacidade efetiva de trabalho (ha.h^{-1}). Para Schlosser (2004), com o aumento da área cultivada, diminuiu-se o índice de mecanização, ou seja, menos potência por área, o que representa um melhor aproveitamento do investimento imobilizado na compra de tratores agrícolas e que pode resultar em maior rentabilidade econômica.

De maneira geral, os fabricantes têm tentado resolver tais problemas, mas existem poucos dados sistematizados sobre as características do Brasil para utilizá-los como parâmetros de projetos de adaptação e adequação. Os problemas começam a ser estudados por diferentes instituições que trabalham com máquinas agrícolas, tais como universidades, centros de pesquisa e o serviço de extensão rural. Entretanto, pelo fato de o país possuir dimensões continentais, com alta variabilidade regional e com poucos profissionais habilitados para assistência técnica, muitos dos dados podem ser considerados pontuais e isolados do contexto nacional. Mais grave ainda do que essas condições é o fato de que os trabalhos são realizados de forma a resolver os problemas sem que os envolvidos tenham participado da elaboração do projeto da máquina e sem a tão requerida integração de conhecimentos com fabricantes de equipamentos (MANTOVANI, 1999). Então, para a utilização de um valor aproximado de eficiência operacional para o planejamento da mecanização, utilizamos como parâmetro os valores obtidos através da norma ASAE americana, conforme exposto no quadro 1.

Operação	Eficiência Operacional (%)	Velocidade (km.h-1)
Colheita	65 – 85	3,0 – 6,5
Distribuição centrífuga	60 – 70	5,0 – 8,0

Quadro 1 - Valores típicos de eficiência e velocidade operacional para as operações agrícolas estudadas. FONTE: Adaptado de ASAE D230-4, 2003.

Os talhões compridos, as manobras rápidas, as máquinas largas, os tempos de carga e descarga reduzidos, e as rápidas velocidades contribuem para o conjunto obter capacidades elevadas. Estes fatores contribuem para o acréscimo de eficiência na operação agrícola. Entretanto, quanto maior for a velocidade de trabalho, maior será a capacidade operacional e menor será a eficiência operacional. Qualquer máquina que seja não consegue manter a capacidade teórica dela por um longo período de operação.

Os fatores que afetam a eficiência de campo, segundo Hunt (1983), são:

1. A capacidade teórica da máquina;
2. A manobrabilidade da máquina;
3. Os modelos de campo (posição das linhas de cultivo; terraços);
4. O formato e o tamanho dos talhões;

5. A produtividade (se tratar de uma operação de colheita);
6. As condições de solo e de cultivo;

2.8.1 Capacidade teórica

A capacidade teórica difere da capacidade efetiva da máquina. Geralmente, é impossível operar as máquinas de maneira contínua, com sua largura de trabalho total. Devido a isto, as capacidades efetivas ou reais serão menores que suas capacidades teóricas ou potenciais.

A eficiência de campo diminui com o incremento de capacidade teórica. Um minuto perdido com uma máquina grande representa uma perda maior, em produção potencial, que a mesma perda de um minuto por uma máquina menor (HUNT, 1983). A capacidade de campo de um implemento também depende da velocidade de trabalho e há um decréscimo do valor da eficiência de campo quando se aumenta a velocidade de operação. As velocidades de trabalho incrementadas reduzem o tempo de trabalho real requerido; mas se as perdas de tempo seguem essencialmente sendo as mesmas, a eficiência de campo será matematicamente menor. Esta afirmação sugere que, se levarmos em conta o fator velocidade, não devemos utilizar a estratégia de reduzi-la para aumentar os valores de eficiência de campo, pois, desta forma, apenas manteremos elevado o valor numérico de eficiência de campo, reduzindo a capacidade de campo efetiva.

Como as capacidades de campo elevadas são possíveis com velocidades rápidas em relação ao solo, o bom operador da máquina trabalhará tão rápido seja possível sem prejudicar a qualidade da operação. As velocidades de campo das máquinas podem estar limitadas por qualquer um dos seguintes fatores:

- Sobrecarga nas unidades funcionais da máquina;
- Incapacidade do operador para controlar a máquina com precisão;
- A perda de funcionalidade e o dano estrutural para a máquina devido à superfície irregular do terreno;
- A necessidade de manejar os materiais com precaução, para preservar a qualidade.

2.8.2 Manobrabilidade

É necessário que as máquinas agrícolas sejam manobradas com facilidade tanto no campo como no deslocamento até este. As máquinas agrícolas necessitam ser projetadas para que possam realizar manobras curtas nos extremos do talhão (HUNT, 1983). Segundo o mesmo autor, a manobrabilidade é mais importante para o uso eficiente das máquinas de grande porte. Necessita-se muito tempo e espaço para a manobra de máquinas grandes nas cabeceiras. Entretanto, o tempo total da manobra das máquinas grandes é ligeiramente menor que das máquinas menores, se a máquina grande pode realizar um retorno no mesmo múltiplo ou fração de sua largura que a máquina menor, porque a máquina grande faz menos manobras que a pequena em talhões de mesmo tamanho.

Para a análise da eficiência de percurso da máquina, Mialhe (1974) utiliza uma equação na qual são considerados a largura e o comprimento do talhão, a largura de trabalho do implemento agrícola e o número de passadas sobre o talhão.

$$EP (\%) = \frac{F}{F + \left(\frac{W - \omega}{2}\right)} * 100 \quad (1)$$

Onde:

ω = largura de trabalho da máquina (m);

W = largura do talhão (m);

F = comprimento da faixa de operação = comprimento do talhão (m).

Analisando esta equação, podemos concluir que quando $W = \omega$, ou seja, a largura de corte da máquina for teoricamente igual à largura do talhão, a eficiência de percurso é máxima (EP = 100%). Portanto, o planejamento da viagem de trabalho na operação mecanizada deve seguir os seguintes critérios:

- Utilizar máquinas com grande largura de corte ou talhões cujas larguras sejam relativamente pequenas;
- Estabelecer geometrias para os talhões que resulte, para uma mesma área, comprimentos (F) relativamente bem maiores que a largura do talhão (W).

Para Mialhe (1974), a eficiência de percurso é mais afetada pela relação entre o comprimento do talhão com sua largura do que a relação da largura do talhão com a largura do implemento.

2.8.3 Modelos de campos

A terminologia aqui descrita segue Hunt, (1983). Alguns termos de uso comum e algumas definições relacionadas com os modelos de campo incluem o seguinte:

1. Uma *volta* se refere à viagem de uma máquina ao longo ou ao redor do campo, desde um ponto de partida determinado a um ponto adjacente ao primeiro. Uma *viagem* é meia volta ou a viagem de um extremo do campo ao outro;
2. A operação em faixas alternadas descreve a prática de dividir o campo em subáreas e operar individualmente estas;
3. As *faixas de manobras* são as áreas não processadas que proporcionam espaços para realizar as manobras. Estas áreas são trabalhadas posteriormente. Quando esta área de manobra está no extremo do campo são chamadas de *cabeceira*;
4. O *modelo de cabeceiras* tem viagens paralelas e se incrementam sucessivamente pela largura do implemento na operação, e se inicia em um dos limites e termina no oposto. As manobras são de 180° nas cabeceiras;
5. O *modelo em circuito* descreve a operação do implemento de maneira paralela a cada um dos limites das faixas alternadas e por geral se descreve como pelos “arredores do campo”. Se as faixas alternadas é de lados retos, as operações se podem iniciar desde o centro do campo; de outro modo, as operações se iniciam nos limites exteriores;
6. Algumas ocasiões se usam o *modelo alternado*. Para se processar uma viragem que seja fácil de executar, as viagens não são adjacentes. O modelo alternado pode ser uma modificação do modelo contínuo ou se podem alternar todas as faixas alternadas. As manobras são de 180°.

Podem-se almejar melhoras importantes na eficiência de campo ao analisar e variar o modelo das operações de campo. Todavia, o modelo das operações está relacionado com o tamanho e a formato do campo.

O objetivo principal ao estabelecer um modelo de campo eficiente é minimizar a quantidade de trajetos no campo. O número de manobras sem trabalho, a distância de uma manobra e a quantidade de trajetos sem trabalho no interior do

talhão são fatores improdutivos que consomem tempo, e deveriam ser eliminados se possível.

Os objetivos diferentes da maximização do tempo modificam a escolha de um modelo de campo. O trajeto repetido de uma máquina por uma área específica no campo, geralmente um de seus extremos, pode ocasionar compactação em alguns tipos de solo. Os modelos de semeadura eficientes podem ser sacrificados para permitir modelos de colheita mais eficientes. As medidas de conservação do solo eram provavelmente o modificador mais importante dos modelos de campo com eficiência de tempo, principalmente no preparo de solo convencional.

2.8.4 Formato e tamanho dos talhões

Segundo Hunt (1983) a eficiência de campo em talhões de formato irregular é significativamente menor que a eficiência nos talhões retangulares, devido ao maior tempo e número de manobras nos talhões irregulares. Quando nos talhões irregulares possuir lados retos, a razão do tempo de manobras com o tempo de operação será maior quando comparada com talhões de lados de geometria irregular.

Segundo o mesmo autor, o formato de área mais eficiente para uma operação agrícola seria o talhão com largura igual a do implemento, pois não se perderia tempo com manobras. Na realidade, os talhões de formato retangular, com uma proporção entre comprimento e largura de 3:1 seria o que apresentaria a melhor eficiência de operação. Entretanto, no Brasil e principalmente no Rio Grande do Sul, quase a totalidade das áreas agrícolas mecanizáveis apresenta-se com formato irregular, ou seja, com ângulos de manobras diferentes de 90°.

Diferentemente das operações de preparo de solo que podem desenvolver a maioria dos modelos de campo, as operações que necessitam de reabastecimento, como as semeadura e as que necessitam de descarregamentos, como a colheita, é necessária analisar previamente qual modelo de campo poderão utilizar. As colhedoras, em particular as de milho, deverão utilizar o mesmo modelo de campo da semeadora, pois a colheita segue as linhas de cultivo. Entretanto, se o tamanho do talhão e a produtividade da cultura estão uniformes, a colhedora realiza um número inteiro de voltas por descarga e sempre descarrega no mesmo ponto próximo à entrada do talhão. Porém, tais condições ideais são raras.

Se na operação de colheita não há um conjunto mecanizado que acompanhe a colhedora no talhão para realizar o transporte dos grãos para fora deste talhão, deverá ser programado um modelo de campo no qual a colhedora efetue suas descargas próximas à bordadura do talhão, para aumentar a eficiência de campo.

Os talhões de maior tamanho não necessariamente possuem as maiores eficiências de campo quando comparados com os de menor tamanho. Se a dimensão do talhão se duplica e a largura de um implemento também se duplica, a eficiência do modelo permanece constante se a velocidade de trabalho permanecer constante e se os raios de manobras são identicamente proporcionais a sua largura. Mas, se aumentarmos o tamanho do talhão e se a largura do implemento permanecer inalterada, a eficiência de campo melhorará devido que o tempo de operação aumentará em maior proporção do que o tempo total de manobras (HUNT, 1983).

2.8.5 A produtividade

A produtividade de uma cultura afeta a eficiência de campo das colhedoras. Para Hunt (1983), geralmente as produtividades elevadas reduzirão a velocidade de operação. Se na colheita é necessário parar para efetuar a descarga do tanque graneleiro da colhedora, pode haver consideráveis perdas de tempo.

Devido a produtividade da cultura interferir na capacidade operacional das colhedoras, outro parâmetro foi criado para melhor classificar a capacidade das colhedoras. Trata-se da capacidade de produção em massa colhida por unidade de tempo.

2.8.6 Condições de solo e de cultivo

Quando as condições de cultivo e de solo não são ideais para as operações das máquinas, como no caso de alta umidade do solo, geralmente deve reduzir a velocidade de operação. Num ponto de vista matemático, a redução da velocidade de operação melhorará a eficiência de campo, entretanto, não é uma condição de operação desejável. Pode ocorrer uma perda de tempo extrema ao colher se o cultivo está acamado devido ao vento e se encontra numa posição tal, que a plataforma da colhedora se aproxima demasiadamente do solo. A mesma situação

pode ocorrer caso o solo se encontre com elevado teor de umidade, dificultando a trafegabilidade da máquina.

2.8.7 *Avarias*

As avarias são as paradas de campo devido a falhas repentinas de alguma parte da máquina. O tempo de espera para reparar uma avaria geralmente não se inclui no cálculo de eficiência de campo predita, mas estas perdas de tempo interferem no rendimento da máquina. Os minutos perdidos devido a avarias podem não serem muitos, mas podem ser custosos caso esta máquina esteja em operações simultâneas.

Muitos proprietários de máquinas agrícolas tentam manter elevada confiabilidade em seus sistemas mecanizados usando somente máquinas novas. Todavia, as avarias ocorrem ao acaso e nos leva a pensar que o cuidado durante a operação e as manutenções bem realizadas produzirá uma diminuição no número de avarias, um incremento na confiabilidade e um maior rendimento da máquina.

Segundo Mialhe (1974), os avanços tecnológicos na agricultura se verificam em três importantes ramos do saber: a biologia, a engenharia e a economia. A biologia responde a pergunta: o que se deve fazer? A engenharia responde: com o que fazer? E a economia responde a pergunta: como fazer eficientemente? Com isso, estes ramos do saber estabelecem as diretrizes que conduzem ao máximo de rendimento útil com um mínimo de dispêndio, inclusive o do tempo.

Para Mialhe (1974), a mecânica agrícola difere da mecanização agrícola devido à mecânica preocupar-se com a concepção, o projeto, a construção, os ensaios e o desenvolvimento das máquinas, enquanto a mecanização tem por objetivo fundamental racionalizar a utilização das máquinas, estudando elas de maneira aplicada nas operações agrícolas.

Mecanizar, racionalmente, as operações agrícolas constitui o objetivo básico do estudo da mecanização agrícola. Entende-se por mecanização racional o emprego de um conjunto ou sistema de máquinas, inclusive as de tração animal e as ferramentas operadas manualmente, de forma técnica e economicamente organizada, na execução de tarefas exigidas pela produção agrícola, visando obter o máximo de rendimento útil, com o mínimo de dispêndio de energia, tempo e dinheiro (MIALHE, 1974, p. 13).

2.9 Operações mecanizadas agrícolas

Segundo Mialhe (1974) o trabalho de produção agrícola, em sua maior parte, realizado por etapas cronologicamente distintas, devido à periodicidade de clima como das fases de desenvolvimento das plantas. Estas etapas que ocorrem numa seqüência ordenada recebem o nome de operações agrícolas.

A terminologia segundo a ABNT (1970) define operação agrícola como “toda atividade direta e permanentemente relacionada com a execução do trabalho de produção agropecuária”.

Para Mialhe (1974), as operações agrícolas são constituídas de uma série de eventos que se desencadeiam, a partir de uma condição inicial para atingir uma condição final desejada. Se uma parcela significativa destes eventos resulta de uma ação mecânica, podemos dizer que esta operação é mecanizada. Como exemplo de uma condição inicial podem ser os grãos de soja presente na lavoura nas vagens, e como condição final estes grãos no graneleiro de uma colhedora.

Do ponto de vista da empresa agrícola, a medida que o número, o tamanho e a complexidade das máquinas aumentam, mais importante se torna o impacto de gerenciamento desse sistema sobre a rentabilidade do negócio. A otimização do desempenho dos sistemas mecanizados passa necessariamente por questões que requerem um adequado entendimento das relações existentes entre os aspectos técnicos e econômicos da mecanização (OLIVEIRA, 2000).

Oliveira (2000), fala que para os tratores agrícolas o acompanhamento sistemático do desempenho e os cálculos dos custos operacionais, ao longo da vida útil, são fatores fundamentais para seu uso racional. Qualquer máquina pode ter sua vida útil prolongada, não fosse o fato do obsolescimento tecnológico e de que os custos operacionais, a partir de determinado instante da vida útil, tornam antieconômico o seu uso.

Para Silveira (2005), os registros dos trabalhos de campo, normalmente usam métodos pessoais ou pouco organizados, geralmente limitados às anotações feitas em caderneta do operador. O levantamento dos dados das operações de campo, não é muito difundido.

Segundo Misener et al. (1987), existem exemplos de empresas e pesquisadores que se dedicam a essa atividade, seguindo soluções muito práticas que utilizam o operador como apontador, e soluções mais sofisticadas com o

emprego de computadores portáteis para o arquivamento dos dados obtidos diretamente no campo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização das áreas

O presente estudo foi realizado com os dados obtidos de rastreabilidade durante as operações agrícolas do Projeto Aquarius de agricultura de precisão. As áreas utilizadas pertencem a proprietários associados à COTRIJAL e que estão desenvolvendo, em parte de sua área, técnicas de agricultura de precisão, localizadas próximas ao município de Não-Me-Toque – RS (Figura 1). Este município foi durante o final da década de 70 do século passado a capital nacional da mecanização. No ano de 2006, por decreto da governadora do estado do Rio Grande do Sul, Não-Me-Toque foi nomeada a capital nacional da agricultura de precisão.



Figura 1 - Localização geográfica das áreas do projeto aquarius.

3.2 O Projeto Aquarius

É uma parceria iniciada em 2000, entre empresas privadas e Universidade Federal de Santa Maria, através do NEMA – Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas e do Setor de Uso Manejo e Conservação do Solo (Departamento de Solos), com objetivos comuns de desenvolver o ciclo completo de Agricultura de Precisão (Figura 2).



Figura 2 - Ciclo de Agricultura de Precisão. Fonte: Projeto Aquarius

O ciclo de agricultura de precisão é composto por várias etapas, sendo três delas fundamentais: a geração de um mapa de produtividade da cultura, mapas e atributos do solo, e mapas de aplicação a taxa variável. Este trabalho englobou duas etapas do ciclo: a aplicação de insumos a taxa variável e a colheita mecanizada com geração de um mapa de rendimento.

O projeto Aquarius é considerado uma experiência pioneira no sul do Brasil na forma e na amplitude da pesquisa da Agricultura de Precisão (Figura 3). Seu objetivo principal é implementar no RS áreas comerciais com o ciclo completo de AP. O projeto foi inicialmente desenvolvido em duas áreas: a área Schmidt com 124 ha e a área da Lagoa com 132 ha no município de Não-Me-Toque, RS. Atualmente conta com 14 áreas distribuídas no Alto Jacuí totalizando 729 ha. Com isso, possui um banco de dados contendo oito anos de resultados de análises de solo e produtividades de culturas.

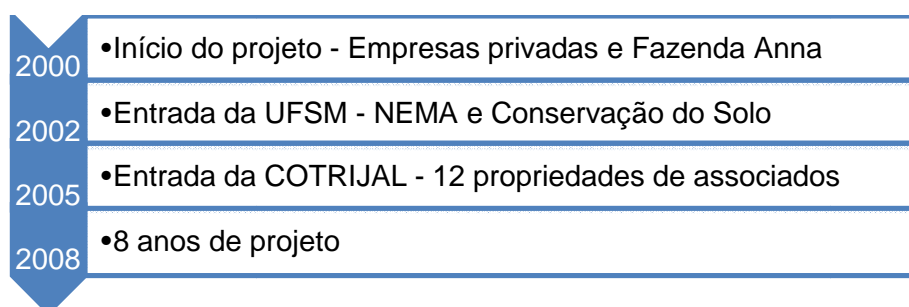


Figura 3 - Histórico do projeto Aquarius.

3.3 Coleta dos dados

Todas as operações descritas a seguir foram acompanhadas no momento de sua realização a campo. As operações analisadas foram de aplicação de insumos a taxa variável, realizada com o conjunto mecanizado trator marca Massey Ferguson modelo MF 5310 e distribuidor centrífugo marca Amazone, modelo 1500 (Figura 4a) e de colheita de soja realizada com a colhedora marca Massey Ferguson, modelo MF 34 (Figura 4b). Tanto a colhedora quanto o conjunto trator e distribuidor centrífugo são equipados com computador de bordo, sistema GPS e sensores.



Figura 4a - Conjunto trator e distribuidor centrífugo. Figura 4b- Colhedora MF34 (Fonte- AGCO).

3.4 Áreas utilizadas

As áreas utilizadas neste trabalho estão localizadas nos municípios de Santo Antônio do Planalto – RS, divididos em dois talhões: Rio (Figura 5) e Coxilha (Figura 6), pertencente ao associado da COTRIJAL, Jairo Kohlrausch. Nestas áreas foi realizada a operação de colheita de soja e a operação de aplicação de fertilizante à taxa variável. Outro talhão utilizado foi o Koeche (Figura 7), localizado no município de Vitor Graeff – RS, pertencente ao associado da COTRIJAL Valdir Koeche. Este talhão foi utilizado na coleta dos dados da aplicação à taxa variável de fertilizante.

Todas as áreas utilizadas possuem como característica topografia levemente inclinada e solo com textura argilosa. No geral, as áreas utilizadas neste projeto são representativas da região do planalto médio do estado.

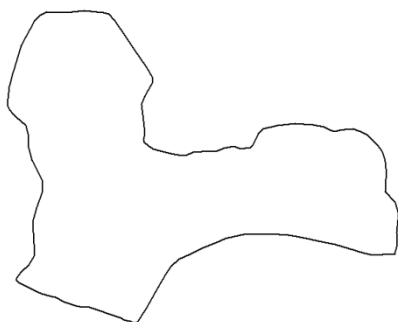


Figura 5- Mapa do contorno da área do Rio obtido com GPS com 34,6 ha.

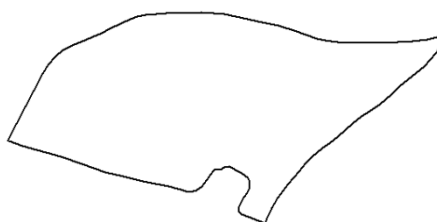


Figura 6- Mapa do contorno da área da Coxilha obtido com GPS com 14,7 ha.

A aplicação de insumos à taxa variável ocorreu em duas propriedades diferentes. A mesma propriedade que foi utilizada para coleta de dados da colheita, também foi usada para coleta de dados das aplicações à taxa variável. A outra propriedade de 50,62 ha (Figura 7) pertence ao senhor Valdir Koeche, localizada no município de Vitor Graeff. Os insumos aplicados foram o super fostafo triplo (SFT) e o cloreto de potássio (KCl). Cada insumo foi aplicado de maneira seqüencial, sendo a ordem de aplicação aleatória. Isto é devido ao fato que as doses as serem aplicadas em cada parte do talhão são diferentes para estes insumos.

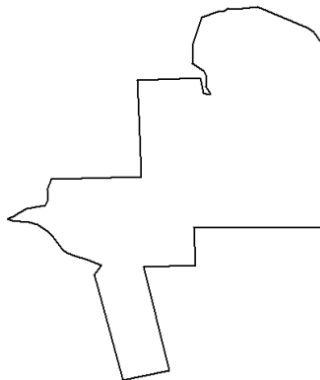


Figura 7 - Mapa do contorno da área Koeche obtido com GPS com 50,62 ha.

Como as áreas do Rio e da Coxilha tiveram maior quantidade de operações, nelas vamos deter a maior parte das análises realizadas neste trabalho.

3.5 Estrutura física utilizada

A execução da análise dos dados e a elaboração da dissertação foram realizadas nas dependências do Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas (NEMA), especialmente, no Laboratório de Agrotecnologia, do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria.

3.6 Equipamentos e softwares utilizados

Um mapa nada mais é do que um conjunto de informações georreferenciadas. Portanto, para sua geração em AP, é necessário um receptor de sinal GPS para a georreferência, sensores que serão a informação do mapa a ser gerado e um computador de bordo para o registro e armazenagem dos dados.

Para que a colhedora possa registrar os dados de produção localizados, é necessário estar equipada com um receptor GPS e um sensor de produtividade. Para a esta função, esta colhedora possui o sistema Fieldstar®. O Fieldstar® é um componente essencial para sistema de AP, e está presente nas colhedoras MF34 e MF38 basicamente. Proporciona armazenamento de dados dos sensores, posicionamento e orientação, execução, acompanhamento e controle da operação.

Neste sistema está presente um monitor responsável pela interface com o operador, chamado de Datavision® (Figura 8).

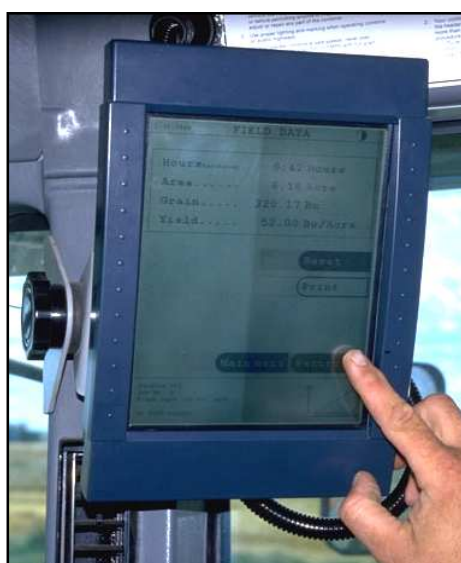


Figura 8 - Monitor Datavision® do sistema Fieldstar® da AGCO.

Nele se podem visualizar os dados de produtividade e também todas as informações provenientes dos sensores que equipam a colhedora, como sensor de velocidades angular do cilindro, do picador de palhas, da retilha de grãos, e de perda de grãos no sistema de limpeza da colhedora, entre outros. Estes dados também podem ser armazenados em um cartão de memória presente no próprio monitor para que, após o término do trabalho, possa ser utilizado para geração de mapas de rendimento e quaisquer outros mapas disponíveis.

Foi utilizado também um receptor de sinal GPS de navegação, marca Garmin, modelo Etrex Legend®, (Figura 9), para a coleta dos trajetos das operações e dos dados de altitude e velocidade de operação. O receptor foi instalado em cima da cabine do trator e da colhedora, num local onde a antena do receptor não encontrasse nenhum obstáculo para a aquisição dos sinais dos satélites.

A localização do receptor não foi centralizada longitudinalmente ao trator ou colhedora, visto que a precisão planimétrica deste receptor e o objetivo de sua utilização não necessitavam desta centralização. Diferentemente do que acontece com o receptor GPS do sistema Fieldstar®, que deve estar centralizado, pois o mesmo serve de piloto auxiliar para a aplicação à taxa variável de fertilizante.



Figura 9 - Receptor de sinal GPS embarcado no trator.

Foram utilizados cadernetas de campo para anotações dos tempos de manobras, reabastecimentos e descargas, juntamente com cronômetros para coleta desta informação.

A análise dos dados de rastreabilidade de operações foi feita com o auxílio dos softwares SGIS®, da empresa AGCO Corporation, GPS TrackMaker Pro®, Campeiro® do Setor de Geomática da Universidade Federal de Santa Maria e planilha de dados do Microsoft Office Excel®.

3.6.1 Sgis®

Segundo o manual de treinamento SGIS 3.6, o SGIS, Sistema de Informações Geográficas da Soilteq®, marca da AGCO, é um software desenvolvido especificamente para as necessidades agrícolas. Ele transforma informações agrícolas em mapas georreferenciados e cria mapas de recomendações para aplicação à taxa variável. O SGIS permite organizar todas as informações coletadas para auxiliar na criação do mapa de aplicação.

Dados de várias fontes como análises de solo, levantamentos de solos, mapas de rendimento são carregados no software. Estes dados em conjunto com as equações de recomendação (algoritmo) fornecidas pelo agrônomo geraram mapas de prescrição individuais para cada produto adequando a aplicação ao talhão e ao cultivo. Além disso, armazena e processa os dados de rastreabilidade coletados durante a operação agrícola.

3.6.2 TrackMaker®

O GPS TrackMaker é um software destinado ao processamento e armazenamento de dados oriundos de receptores de sinal GPS. Apesar de sua concepção não ser a utilização em agricultura, muitas de suas ferramentas são apropriadas para o objetivo deste trabalho. A versão profissional, destina-se a uma parcela de usuários que utiliza o programa profissionalmente, ou seja, necessitam de cálculo de área, transferência de dados para o Excel®, exportação para o AutoCad® e ArcView®, e outras funções avançadas.

Neste trabalho, este software foi utilizado para medir a distância do percurso da operação, a coordenada média do talhão, a velocidade média de operação, o

tempo de operação, com hora inicial e final, armazenar os dados oriundos do receptor GPS de navegação embarcado no trator e na colhedora.

3.6.3 Campeiro®

O software campeiro foi desenvolvido pela equipe do professor Enio Giotto, do Setor de Geomática da UFSM. Uma das rotinas deste software é tratamento dos dados de agricultura de precisão. Ele pode gerar informação através de mapas de diferentes fontes, como de produtividade, altitude, atributos de solo e aplicação à taxa variável.

A versão utilizada neste trabalho foi o Campeiro 6.0, sendo esta a mais atual. Este software foi utilizado para gerar os mapas de altitude e velocidade de operação, após os dados do GPS passarem por refinamento dos dados pelos softwares TrackMaker e Excel.

3.7 Análise dos dados

Através dos softwares anteriormente citados, foi possível armazenar e analisar todos os dados provenientes das operações. Para geração de qualquer mapa em agricultura de precisão, são necessárias três variáveis: as duas coordenadas (x,y) e o atributo que se queira mapear, podendo ser o rendimento, a taxa de insumo a ser aplicada, a altitude, velocidade, conforme o exemplo apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Dados básicos para geração de mapas para agricultura de precisão

Coordenada X	Coordenada Y	Atributo (produtividade de soja kg/ha)
321395.114	6918696.477	3460
321487.980	6918667.129	2978
321500.548	6918650.873	3125
321485.818	6918630.181	1982
321486.624	6918618.061	3187

Para geração dos mapas, os softwares utilizam modelos geoestatísticos padrões, predefinidos nos próprios softwares. Os mais utilizados são o modelo

geoestatístico pelo método de krigagem e pelo método do inverso do quadrado da distância. O usuário do software pode determinar qual dos métodos deseja utilizar.

Os mapas de produtividade podem ser expressos em três diferentes maneiras:

- Mapa de pontos;
- Mapa de isolinhas;
- Mapa de interpolações estatísticas e geoestatísticas.

O mapa de pontos é a representação gráfica dos dados de colheita por pontos. O mapa de isolinhas ou mapas de iso-produtividade são mapas que delimitam regiões com produtividades dentro de um mesmo intervalo. Sua utilização não é muito adotada em agricultura de precisão.

O terceiro modo seria através de um modelo estatístico (ex.- inverso do quadrado da distância e modelos polinomiais) ou geoestatístico (ex.- kriging) de interpolação de dados. Para a geração de mapas de produtividade e atributos do solo os modelos estatísticos de interpolação de dados mais utilizados são o método do inverso do quadrado da distância e o método de modelos polinomiais.

Fraisse (1998 apud GIOTTO, 2006) relata que o método de interpolação pelo inverso do quadrado da distância assume que a probabilidade do valor de um ponto ser similar aos valores medidos para os pontos mais próximos deste é maior do que a probabilidade de ser similar aos valores medidos para os pontos mais distantes, assim sendo, medições mais próximas tem mais peso do que as mais distantes.

3.8 Determinação da capacidade e eficiência operacional

3.8.1 Capacidade teórica

A capacidade teórica das operações analisadas foi calculada através da expressão:

$$CT = \frac{L*V}{10} \quad (2)$$

Onde:

CT = capacidade teórica, ha.h⁻¹;

L = largura do implemento ou da plataforma, m;

V = velocidade da operação, km.h⁻¹.

A largura de distribuição do distribuidor centrífugo variou de 27 a 30 metros, dependendo da confecção do mapa de aplicação de insumo. Esta é uma característica presente na geração dos mapas de aplicação, onde o equipamento embarcado no trator que faz a leitura da posição e da dose a ser aplicada naquele local depende do tamanho de cada célula quadrada presente no mapa (Figura 10).

Quem determina o tamanho desta célula é o profissional que gera este mapa de aplicação. Não há variação da quantidade de insumo a ser aplicada dentro de cada célula. Somente desta forma é que o computador de bordo do trator identifica sua localização e a taxa de insumo a ser aplicada naquele local. Portanto, se a largura de trabalho for de 27 metros, as células do mapa de aplicação serão de 27x27 metros.

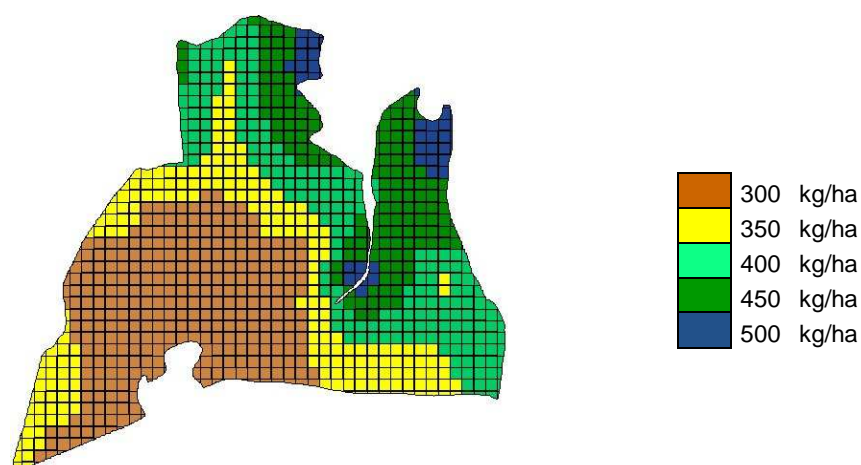


Figura 10 - Exemplo de um mapa de aplicação à taxa variável. Fonte – Projeto Aquarius

A velocidade de cada operação foi determinada pela média de todas as velocidades diferentes de zero, coletadas pelo receptor GPS embarcado no trator ou colhedora durante a operação realizada, segundo a expressão matemática a seguir:

$$VM = MTV \neq 0 \quad (3)$$

Onde:

VM = é a velocidade média em km.h-1;

MTV \neq 0 = média de todas as velocidades coletadas diferentes de zero.

Foi possível, sem interferência na operação, determinar esta informação de velocidade média de deslocamento, proveniente da rastreabilidade. Com isso, a determinação da capacidade teórica de trabalho foi calculada, e a precisão desta informação é muito elevada, pois não houve estimativa ou extrapolação de dados.

3.8.2 Capacidade operacional efetiva e eficiência operacional

A capacidade operacional efetiva foi determinada segundo a equação matemática a seguir:

$$COE = \frac{AT}{TTO}$$

Onde:

COE = capacidade operacional efetiva, em ha.h⁻¹;

AT = área total trabalhada, ha;

TTO = tempo total de operação, horas.

De posse do valor da capacidade operacional efetiva, pode-se calcular a eficiência operacional do conjunto mecanizado ou da colhedora, segundo a expressão a seguir:

$$EO \% = \frac{COE}{CT} * 100 \quad (4)$$

Onde:

EO % = eficiência operacional, %;

3.8.3 Outros dados determinados

A média de coordenadas é definida como sendo a média de todas as coordenadas coletadas pelo receptor GPS embarcado, na operação realizada em cada talhão. O cálculo desta coordenada foi executado com o software TrackMaker®. Esta coordenada não significa que seja a coordenada central do talhão, mas está presente dentro dele e serve como informação para localização do talhão. Esta coordenada pode ser inserida em qualquer software para visualização do local do talhão ou receptor GPS para a localização futura, em visita ao talhão.

A determinação da distância percorrida na operação mecanizada realizada foi através dos dados de rastreabilidade. O receptor GPS de navegação coletou os

dados referentes ao percurso percorrido pela máquina e através do software TrackMaker® foi possível calcular a distância percorrida na operação.

Os dados de tempo de operação, reabastecimento ou descargas e manobras foram coletados tanto através de cadernetas de campo através de cronômetro, como através dos dados de rastreabilidade.

A quantidade e o tempo de reabastecimentos do conjunto mecanizado trator e distribuidor centrífugo e de descargas realizadas pela colhedora foram anotados em caderneta de campo. A determinação do tempo total perdido em reabastecimentos e descargas foi calculada pela média dos tempos gastos de cada um, multiplicado pelo número de vezes que foram efetuados.

$$PT = NR * PTM \quad (5)$$

Onde:

PT = perda de tempo em reabastecimento ou descargas, segundos;

NR = número de reabastecimentos ou descargas;

PTM = perda de tempo médio de cada reabastecimento ou descarga, segundos.

O percentual de perda de tempo devido a estes fatores foi determinado através da fórmula:

$$PT\% = \frac{(PT)}{TTO} \quad (6)$$

Onde:

PT% = perda de tempo em reabastecimento ou descarga em percentual;

PT = perda de tempo em reabastecimento ou descargas, horas;

TTO = tempo total de operação, horas.

A quantidade de manobras e a perda de tempo devido a elas também foram calculadas neste trabalho. O número de manobras foi contabilizado através da visualização da rotina de simulação do software TrackMaker ®. O tempo perdido em manobras foi estimado através da média de observações realizadas a campo, durante a operação.

3.8.4 Eficiência de trajeto

Neste trabalho estudaremos outra forma de avaliarmos a eficiência do percurso. Utilizaremos a distância percorrida pelo conjunto mecanizado na operação como variável principal neste fator. Para diferenciar da terminologia adotada por Mialhe (1974) adotaremos o nome de eficiência de trajeto ao invés de eficiência de percurso. Entretanto, ambos significam a mesma coisa.

Foi desenvolvida uma forma para determinar a eficiência de trajeto através da distância percorrida na operação, conforme fórmula a seguir:

$$ET (\%) = \frac{A}{D * L} * 100 \quad (7)$$

Onde:

ET(%) = eficiência de trajeto;

A = área do talhão;

D = distância percorrida na operação;

L = largura do implemento ou da plataforma.

Esta expressão está baseada na teoria que se a máquina não efetuasse manobras na operação e não houvesse sobreposição em suas voltas, a eficiência de trajeto seria de 100%, pois a distancia percorrida seria a mínima necessária para que a operação mecanizada fosse realizada no talhão. Como isso não ocorre na realidade, esta eficiência sempre será inferior a 100%.

Entretanto, o planejamento operacional adotado pelo operador da máquina influencia diretamente neste valor. A forma como ela irá percorrer as faixas de trabalho no campo farão com que haja uma maior ou menor distância percorrida para concluir o trabalho planejado. Influenciará também na quantidade de manobras realizadas.

Diferentemente da determinação da eficiência de percurso proposta por Mialhe (1974), que leva em consideração as distâncias internas do talhão, como comprimento e largura máxima, e que apresenta limitações em talhões que apresentam formato irregular devido à dificuldade da aplicação de fórmulas matemáticas geométricas, o modelo proposto utiliza a distância total percorrida pelo conjunto mecanizado no talhão. Com isso podemos identificar com maior precisão a eficiência do percurso ou trajeto na operação, pois temos o valor do deslocamento total no talhão.

Se a largura útil do implemento e a distância percorrida na operação e o tamanho total do talhão são conhecidos, podemos saber com precisão o percentual do deslocamento da colhedora ou do conjunto mecanizado que efetivamente estava em operação no talhão. A seguir será apresentado um quadro resumo com os fatores operacionais estudados. Nele estão descritos como cada fator é analisado pelo método convencional e pelo método utilizado neste trabalho.

3.8.5 Análise das manobras e dos trajetos

Nas operações de colheita e de aplicação à taxa variável, não foi interferido na decisão do operador sobre as manobras e os trajetos utilizados. Devido a isto, o trajeto utilizado pelo operador não pode ser considerado o que apresenta a melhor eficiência de percurso, ou o que apresenta o menor número e tempo de manobras e a maior eficiência operacional total.

Estudou-se também neste trabalho o padrão de manobras utilizadas e do trajeto percorrido durante as operações analisadas, relacionando com o formato do talhão. Com as ferramentas de agricultura de precisão, fica mais fácil o planejamento operacional, visto que, já está presente o mapa georreferenciado do formato do talhão. Com isso, foram realizados cálculos para determinar qual seria o melhor padrão de trajeto em cada operação para que se aumentasse a eficiência de percurso e reduzisse o número de manobras e, com isso, aumentasse a eficiência operacional.

Estes cálculos geométricos foram realizados de forma manual, através das distâncias em diferentes locais dos talhões (Figura 11), para que pudesse chegar ao número de passadas em cada ponto destes talhões. Foram utilizados os dois métodos para a determinação da eficiência do percurso, sendo o método convencional proposto por Mialhe (1974) e o método proposto neste trabalho.

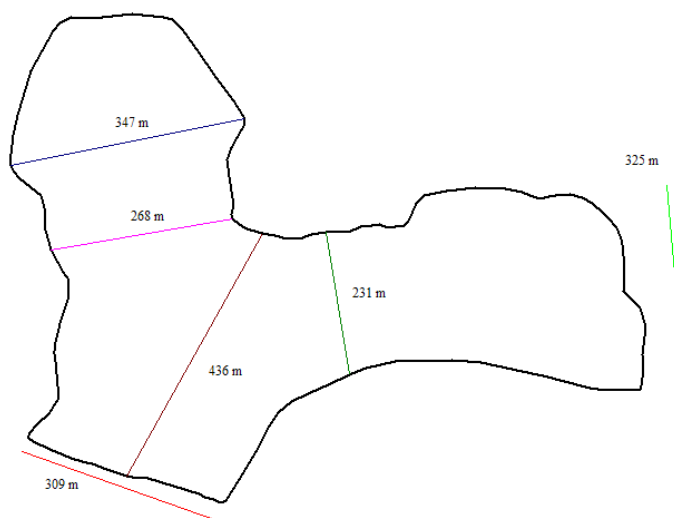


Figura 11 – Distâncias utilizadas na área do Rio para análise de manobras e trajetos.

3.9 Mapas de altitude

Como o receptor de sinal GPS coleta informação de velocidade e altitude em cada coordenada, é possível, através da organização destes dados, gerar mapas de altitude do talhão e velocidade de operação. A geração dos mapas de altitude foi processado através dos softwares SGIS e Campeiro

Todo mapa apresentado pelo software Campeiro é gerado a partir de dados processados e analisados geoestatisticamente, armazenados num formato chamado modelo digital do terreno (MDT). Exemplificando, o software armazena os dados na forma matricial, em linhas e colunas, o que permite fazer análises estatísticas, e no caso deste trabalho, a análise de correlação.

Então, para gerar os mapas, ele utiliza os dados de altitude já processados geoestatisticamente. Os parâmetros da geoestatística utilizada pelo Campeiro podem ser o inverso do quadrado da distância, krigagem ou modelos polinomiais. Neste trabalho o método utilizado foi o inverso do quadrado da distância, que resumidamente, atribui pesos menores aos dados quanto mais longes estes estiverem do ponto de referência. Como regra geral, quando tiver uma quantidade de dados relativamente pequena por área (caso das amostras de solo em AP), deve-se usar o modelo de krigagem. Se tiver uma quantidade maior de dados, como no caso de dados de produtividade ou de altitude do terreno, o melhor parâmetro geoestatístico é o inverso do quadrado da distância. E, os modelos polinomiais são utilizados quando se tem um conhecimento maior destes parâmetros geostatísticos.

De posse destes dados de rastreabilidade, foram confeccionados diferentes mapas de altitude e correlacionado entre eles para verificar a relação existente, através do software Campeiro. O método de correlação utilizado foi o linear para este fim.

3.10 Mapas de velocidade

Da mesma forma como foram gerados os mapas de altitudes, foram gerados os mapas de velocidades de operação a partir do software Campeiro 6.

3.11 Mapas de produtividade

Os mapas de produtividade foram confeccionados através do software SGIS, com dados oriundos do sistema Fieldstar® da colhedora MF34. Através do sensor de produtividade localizado na parte superior do elevador de grãos limpos, o sensor mede a quantidade de massa que passa por ele e envia esta informação para o computador de bordo que relaciona este valor com a coordenada coletada pelo receptor GPS. Este tipo de sensor de produtividade é chamado de sensor de massa, e a leitura da produção é realizada através do impacto da massa de grãos nos mecanismos deste sensor.

Os resultados obtidos neste trabalho foram divididos em resultados sobre mapas de altitude a partir dos dados de GPS de navegação e análise da capacidade e eficiência operacional, no qual foi separado entre a operação de distribuição à taxa variável de insumos e colheita mecanizada de soja.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Operação de colheita mecanizada

A operação de colheita ocorreu entre os dias 18 a 20 de abril de 2007, nas áreas do Rio e da Coxilha, pertencente ao proprietário Jairo Kohlrausch, localizadas no município de Santo Antonio das Missões. Na figura 12, podemos visualizar os trajetos percorridos pela colhedora durante estes três dias. Para melhor identificação, os trajetos foram separados por cores para diferenciar os dias de trabalho. A cor vermelha corresponde ao dia 18, a cor verde ao dia 19 e a de cor azul ao dia 20.

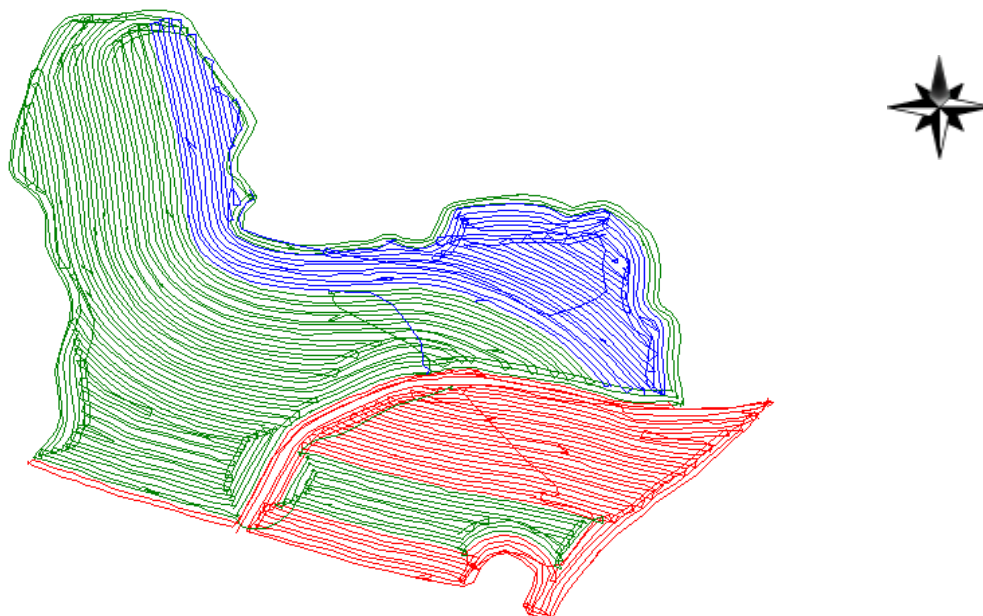


Figura 12- Trajeto percorrido pela colhedora nas áreas do Rio e da Coxilha, nos três dias de operação. (Vermelho dia 18, verde escuro dia 19 e azul dia 20).

O total de tempo de operação foi de 20h34m durante estes três dias, conforme distribuído na tabela 2. Foi observado, durante esta colheita, que sua capacidade de produção, em alguns momentos, foi superior a 15 toneladas de grãos por hora.

Tabela 2 - Tempo de operação de colheita nas áreas do experimento.

Data	18/04/07	19/04/07	20/04/07	Total
Início da operação	10h41min	10h03min	10h00min	
Fim da operação	18h44min	18h58min	13h36min	
Tempo total de operação	08h03min	08h55min	03h36min	20h34min

Foram coletados todos os tempos de descargas do tanque graneleiro da colhedora. As descargas foram realizadas no meio do talhão, com auxílio de um conjunto mecanizado trator/reboque com rosca transportadora. Durante esta descarga, a colhedora permaneceu estática em relação ao talhão. Devido a isto, as perdas de tempo devido ao deslocamento da colhedora até sua descarga quase inexistiam e isto é um dos fatores que aumentam a eficiência operacional.

O tempo médio de descarga para a área da Coxilha foi de 2min e 8seg, conforme dados da tabela 3. Este tempo de descarga depende de alguns fatores de projeto da máquina como, o diâmetro e a velocidade da rosca transportadora, capacidade do tanque graneleiro, e de fatores como quantidade de grãos presente no graneleiro, teor de umidade e impurezas da massa de grãos, além da declividade do terreno. O tanque de grãos tem capacidade de 6,4 m³ e o sistema de descarga de 0,084 m³.s⁻¹, o que proporciona uma maior eficiência operacional devido a um menor tempo de descarga.

Tabela 3 - Tempo de descargas e de operação da área da Coxilha (segundos).

	Tempo de descarga	Tempo de operação entre descargas
Mínimo	59s	191s
Máximo	185s	14 512s (manutenção)
Média	128s	2 092s

O tempo mínimo de descarga foi de 59s, devido ao tanque graneleiro estar com sua capacidade de carga parcial. O tempo máximo de descarga foi de 185s, devido a colhedora estar com inclinação transversal desfavorável ao bom escoamento dos grãos (declividade do terreno) e com o tanque graneleiro com sua capacidade máxima.

O tempo de operação média para a área da coxilha foi de 2 092s. Este tempo significa o tempo médio necessário para que a colhedora possa colher a capacidade

do tanque de grãos. O tempo mínimo de operação entre uma descarga e outra foi de 191s. Este tempo teve relação com o menor tempo de descarga, devido a existência de uma menor massa de grãos colhida.

A colheita foi realizada com uma colhedora MF 34, ano 2006, e com uma plataforma de 7,72 m, com 5 anos de uso. Durante o primeiro dia de trabalho ocorreu uma quebra num pivô da plataforma, aproximadamente as 12 horas. A máquina permaneceu parada até as 16 horas. A maior parte destas quatro horas foi de espera para chegar o serviço de manutenção, sendo que em apenas meia hora houve a substituição da peça.

Esta quebra ocasionou um atraso no término da colheita na área. Se não houvesse ocorrido esta quebra, a colheita acabaria no final do segundo dia e não às 13h36min horas do terceiro dia. A figura 13 simula o trajeto percorrido pela colhedora, caso não houvesse a parada devido à quebra da peça. A cor vermelha corresponde ao dia 18 e a cor azul ao dia 19. Esta simulação foi realizada com auxílio do software TrackMaker®, estimando a distância que a colhedora percorreria, durante as 4 horas que ela ficou parada, no primeiro dia de colheita.

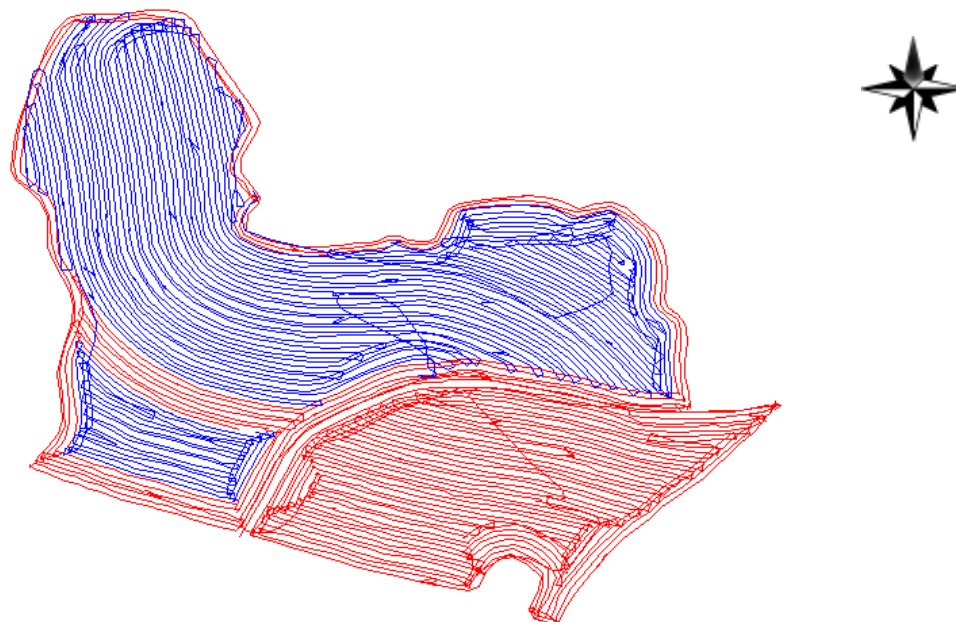


Figura 13- Trajeto simulado, percorrido pela colhedora nas áreas do Rio e da Coxilha, em dois dias de operação. (Vermelho dia 18 e azul dia 19).

Com isso, a colhedora foi transladada para outra área num período que seria o ideal para ela estar colhendo. Caso tivesse acabado a colheita no final do segundo dia, a colhedora poderia ter sido transportada no início da manhã para outra área e

ter começado sua colheita às 10 horas. O ganho de tempo potencial seria de uma jornada de trabalho, aproximadamente 10 horas.

Tabela 4 - Tempo de descargas e de operação da área da Coxilha. (Com exclusão do tempo de manutenção).

	Tempo de descarga	Tempo de operação entre descargas
Mínimo	59s	191s
Máximo	185s	1 932s
Média	128s	1 059s

O tempo de operação médio para esta área passaria de 34min e 52seg para 17min e 39seg. Este último valor é o tempo médio real de operação entre duas descargas da colhedora.

Estima-se que no período de quatro horas que a colhedora ficou parada ela poderia ter colhido 60 toneladas ou 1 000 sacas de soja. Se o preço de venda da soja é de R\$ 40,00 a saca, então a colhedora deixaria de retirar da lavoura um valor aproximado de R\$ 40 000,00. Se for considerado o tempo que a máquina deixou de colher outra área, no terceiro dia devido à quebra da peça, este valor chegaria próximo a R\$ 75.000,00, pois a colhedora só começou a operar nesta outra área às cinco horas do dia 20.

Esta perda financeira dificilmente se concretizará nestes valores, pois para que isso ocorra, é necessário que não haja a colheita nesta área. Entretanto, alguma perda potencial pode ocorrer devida esta parada da colhedora. Caso o preço recebido pelo produto cair R\$ 1,00 no dia seguinte ao da parada da colhedora e o produtor necessitar do faturamento do produto nesta data, a perda financeira poderia chegar a R\$ 1 000,00, pois a soja ainda não estaria colhida.

De forma semelhante, caso o produtor necessitar a contratação de serviço terceirizado, e considerando que neste tipo de prestação de serviço o valor cobrado fica próximo de 10%, o desembolso potencial do produtor seria de R\$ 4 000,00 devido somente a esta quebra.

Vale lembrar que estes valores financeiros são somente hipóteses, e não ocorreram na realidade. Também, é seguro afirmar, que o fato poderia ter acontecido em qualquer propriedade e com qualquer marca de colhedora. Estes valores foram apresentados somente com o intuito de alerta sobre a necessidade de

manutenção preventiva nestas máquinas. Estudos mais detalhados sobre a perda financeira devido a paradas para manutenção durante a operação, principalmente de colheita, devem ser realizados.

O rendimento da cultura é um fator importante para a capacidade e eficiência operacional da colhedora, pois quanto maior for o rendimento da cultura, maior vai ser o número de paradas da colhedora para descarga do tanque de grãos. Nas áreas de colheita estudadas, Rio e Coxilha, o rendimento médio foi superior a 70 sacas por hectare (Tabela 5), considerado um elevado rendimento para a cultura da soja a nível comercial, em qualquer região do país.

Tabela 5 - Produção de soja nas áreas do experimento.

	Rio		Coxilha	
	kg/ha	sacos	kg/ha	sacos
Mínimo	734	12,23	1 392	23,20
Médio	4 316	71,93	4 631	77,18
Máximo	7 508	125,13	8 121	135,35
Total de produção	149 506	2 491,8	68 261	1 137,7

Como pode ser observada na tabela 6, a produção total de soja na área da Coxilha foi de 68 261 kg, que numa área de 14,74 hectares confere uma produtividade média de 4 631 kg.ha⁻¹ ou 77,18 sacas por hectare, e conforme se observa na figura 14, ocorre uma uniformidade desta produção na área.

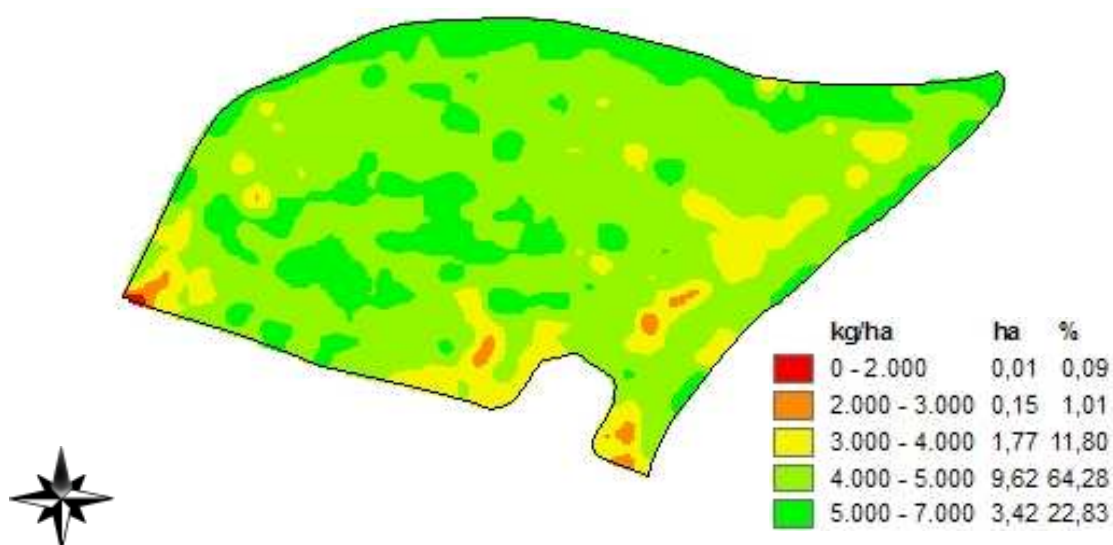


Figura 14 - Mapa de rendimento de soja da área da Coxilha, 2007.

Analisando a figura 14, mais de 64% de toda a área contribuiu com uma produtividade de 4 a 5 toneladas de soja por hectare. Apenas 1,1% da área produziu menos que 3 toneladas por hectare. Esta uniformidade de produtividade foi conseguida, em parte, com duas aplicações à taxa variável de insumos. Pode-se afirmar também que estes dados de diferentes produções em diferentes áreas (mapa de produtividade), com seu respectivo percentual, só se conseguem devido ao sistema GPS e sensor de rendimento embarcado na colhedora.

O mesmo ocorreu com a produção da área do Rio, que consegue uma média de produtividade de 4.316 kg/ha ou 72 sacas por hectare. Em 34,64 ha da área deste talhão, foi alcançada uma produção total de quase 150 toneladas (Tabela 5).

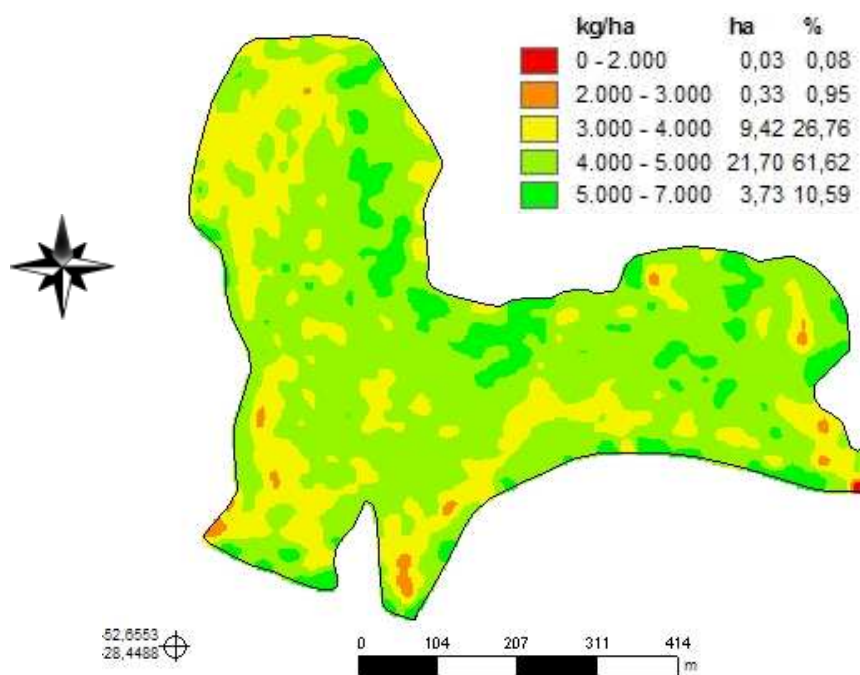


Figura 15 - Mapa de rendimento de soja da área do Rio, 2007.

Os dados de produção total e produtividade média são facilmente obtidos na agricultura convencional, apenas dividindo a produção total, que pode ser conseguida somando todos os pesos líquidos das notas de entrega do produto para armazenagem, dividida pela área total do talhão. Entretanto, com as ferramentas e técnicas de agricultura de precisão, pode-se retirar uma quantidade de informações maior, como por exemplo, uniformidade de produção, reposição de nutrientes, quantidade de produção em cada parte do talhão, entre outras informações.

4.1.1.1 Uniformidade de produção

Analisando a figura 15, pode-se observar que há uma ótima uniformidade de produção de soja na área do Rio. Mais de 61% da área está com produtividade entre 4 a 5 toneladas por hectare. Isto corresponde a 21,7 hectares do talhão com esta faixa de produção. Houve poucas áreas onde a produção foi menor que 3 toneladas (1,03%). Nota-se também que a produção de 3 a 4 toneladas (amarelo), ocorreu nas áreas onde são feitas as manobras da colhedora. Portanto, em locais de fim de viagem, onde o operador não para a colhedora para efetuar o levante da plataforma acima de uma determinada altura (0,5m no caso da MF34 estudada).

Pode-se concluir que nestes locais de produção entre 3 a 4 toneladas, onde ocorreu redução de produção se comparada com a média do talhão, e onde concentrou a maior quantidade de manobras, a menor produtividade foi devido a fatores relacionados com sensores da colhedora e não a fatores relacionados ao solo ou clima. Isto deve ser estudado com maior rigor, pois a geração de mapas de prescrição para aplicação a taxa variável de insumos se baseia também em reposições de nutrientes. Se for considerado que a produção nesta área de 3 a 4 toneladas for a realidade, pode haver uma dosagem aquém do necessário nestas áreas.

4.1.1.2 Reposição de nutrientes e produção por ponto

Uma informação muito importante que o mapa de rendimento pode nos oferecer é a produtividade por ponto do talhão. Isto é de extrema importância para o engenheiro agrônomo poder calcular qual a exportação de nutriente durante a colheita em cada local da área. Além disto, informações de zonas de alta, baixa e médias produtividades, podem ser identificadas para informação na definição de estratégias de manejo. A importância do mapa de rendimento encontra-se nestes fatores e é isto que justifica a aquisição de um sistema de sensores de rendimento.

4.1.1 Análise operacional da operação de colheita

As variáveis operacionais analisadas foram a velocidade média de operação, a distância percorrida, a velocidade máxima, a capacidade teórica de trabalho, a capacidade operacional efetiva e a eficiência operacional.

Através do receptor GPS embarcado na colhedora, foi possível coletar os dados de velocidade de operação georreferenciados, onde se pode elaborar um mapa de velocidade em cada um dos talhões (Figura 16).

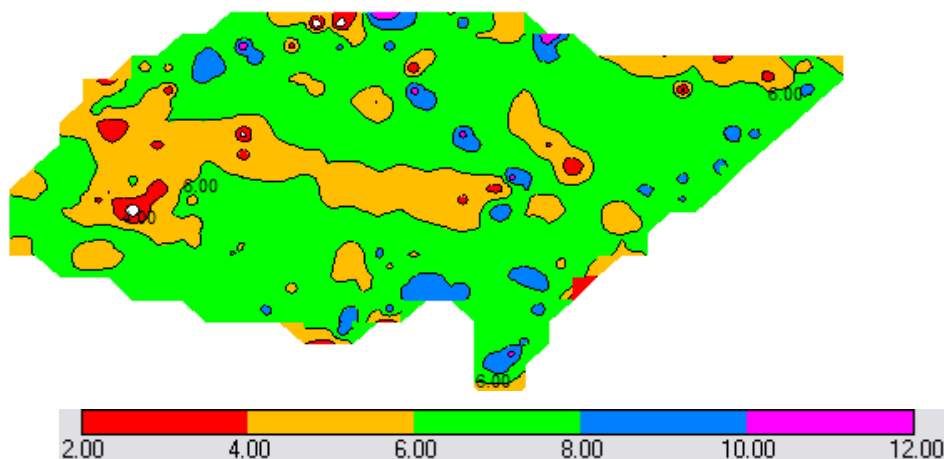


Figura 16 - Mapa de velocidade da operação de colheita de soja na área da Coxilha.

Observando-se a figura 16, nota-se uma considerável parte do talhão com velocidade entre 6 a 8 km.h^{-1} . Também é possível identificar uma área de velocidade entre 4 a 6 km.h^{-1} sendo justificada, pois nesta área do talhão foi iniciada a operação de colheita no segundo dia (19/04) pela parte da manhã. Como a planta de soja absorve umidade durante a noite, o processo de trilha da colhedora é dificultado devido a umidade na vagem e em toda a planta. Para uma trilha e separação de grãos da planta satisfatória é necessário que a velocidade de operação seja reduzida para que não ocorra a perda de grãos pelo sistema de separação e limpeza da colhedora, devido a sobrecarga nestes sistemas e no sistema de trilha quando há umidade acima do ideal.

A importância de um mapa de velocidade da operação mecanizada de colheita reside no fato do produtor ou gerente da fazenda poder visualizar esta operação posteriormente. Isto é importante para justificar a ocorrência de perdas de grãos pela colhedora em determinado local e horário, além de poder observar se houve uma velocidade na operação condizente com o exigido por ela. Pode verificar pontos onde houve parada da colhedora ou redução drástica de sua velocidade média de trabalho, devido à sobrecarga da alimentação da plataforma ou descarregamento do tanque graneleiro.

O mesmo pode ser verificado na área do Rio, conforme visualizado na figura 17. É possível identificar uma área em que a velocidade foi entre 4 e 6 km.h^{-1} . Se comparado com a figura 13, que nos mostra o trajeto percorrido pela colhedora em diferentes dias, esta faixa de menor velocidade corresponde ao início da colheita na área no dia 20 (último dia de operação). Esta menor velocidade é devido aos mesmos fatores que influenciaram a queda de velocidade da área da Coxilha.

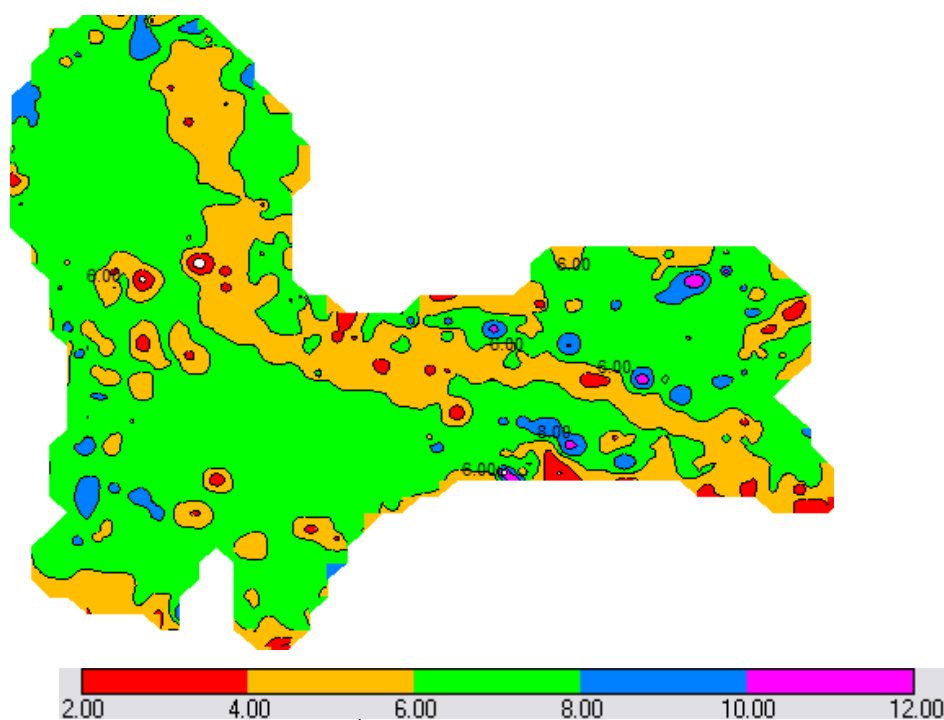


Figura 17 - Mapa de velocidade (km.h^{-1}) da operação de colheita de soja na área do Rio.

Os dados da operação de colheita para a análise operacional, coletados pelo receptor GPS, após serem processados, podem ser visualizados na tabela 6.

Tabela 6 - Área, largura, velocidade de operação, distância percorrida e capacidade teórica da colheita.

	18/04/07	19/04/07	20/04/07	Total (T) Média (M)
Área (ha)		50,62		
Largura de trabalho (m)		7,72		
Velocidade média (km.h^{-1})	5,80	6,00	5,95	M 5,92
Distância percorrida (km)	22,59	46,24	16,92	T 85,75
Capacidade Teórica (ha.h^{-1})	4,48	4,63	4,59	M 4,57

A área total dos dois talhões do experimento, Rio e Coxilha, somam 50,62 hectares. A velocidade média da operação de colheita, durante os três dias de

operação foi de $5,92 \text{ km.h}^{-1}$. Pode-se verificar que esta velocidade média variou durante os dias de operação, entretanto não é possível identificar se há prejuízo para a qualidade da operação. Esta informação é mais bem gerenciada através do mapa de velocidade, onde se podem observar as variações de velocidades localizadas dentro do talhão.

Além da informação da velocidade média de trabalho é possível, através da rastreabilidade dos dados do receptor GPS calcular a distância percorrida durante a operação. Neste caso, a distância percorrida total foi de 85,75 km. Também foi possível identificar a distância percorrida em cada dia de operação, onde através desta informação, foi possível estimar a área a ser colhida pela colhedora caso não houvesse a manutenção. Este cálculo foi determinado através de uma simples regra de três, onde durante o período que ocorreu a manutenção (quatro horas) a colhedora percorreria uma distância "x". Com auxílio do software TrackMaker® foi possível verificar até que distância a colhedora poderia trabalhar naquele primeiro dia de operação (Figura 14).

A partir da multiplicação dos valores de velocidade média e largura de trabalho foi possível determinar a capacidade teórica de trabalho da colhedora. Devido a largura de trabalho da plataforma ser uma das maiores do mercado nacional de colhedoras e a velocidade média de trabalho ser relativamente alta, a capacidade teórica foi de 4,57 hectares por hora.

Outra informação importante que a determinação da capacidade teórica nos oferece é a seguinte: se a capacidade teórica for de $4,57 \text{ ha.h}^{-1}$ e isto corresponde a 100% de eficiência, a perda de eficiência na operação de 1% corresponde a $457 \text{ m}^2.\text{h}^{-1}$ de colheita. O inverso também é verdadeiro: o acréscimo na eficiência operacional de 1% corresponderá a $457 \text{ m}^2.\text{h}^{-1}$ de colheita a mais do que uma eficiência 1% menor. Se for considerado o tempo de colheita de 20h e 34min, e o aumento da eficiência operacional de 1%, a colhedora colherá 0,94 hectares a mais, no mesmo período de tempo e, mais importante ainda, com o mesmo custo.

Para determinar a quantidade de tempo gasto em descargas do tanque graneleiro da colhedora, foi determinado a quantidade de descargas realizadas e o tempo gasto para sua realização (Tabela 7). Com os valores de tempos de descargas, foi calculado a média e utilizado este valor para a determinação do tempo total e percentual gasto com descargas.

Tabela 7 - Percentual de tempo gasto em descarregamentos pela colhedora.

Número de descargas	43
Tempo médio das descargas (s)	173
Tempo perdido em descargas (s)	7 439
Tempo perdido em descargas (%)	10,05

Foi verificado que a colhedora efetuou 43 descargas, somadas as duas áreas do projeto, com um tempo médio de 173s. Através desta informação foi possível determinar o tempo total gasto na operação de descarga (7 439s). O percentual de tempo gasto foi de 10,05%, o que corresponde a 5,09 hectares de colheita nestas condições de capacidade teórica.

Também foi determinado o tempo perdido na operação devido às manobras de fim de viagem realizadas pela colhedora (Tabela 8). Foi verificado que o número de manobras efetuadas na operação foi de 197, onde seu tempo médio foi de 16seg. O tempo total gasto em manobras foi de 53min e 51seg, que corresponde a 4,36% do tempo total de operação. A diminuição do percentual de tempo perdido por manobras depende mais do planejamento operacional das direções e sentidos dos viagens de trabalho do que da velocidade da manobra. Considerando que máquinas maiores possuem uma capacidade operacional maior, é viável o planejamento da operação visando a diminuição do número de manobras no talhão, para diminuir a perda de tempo total em manobras.

Tabela 8 - Percentual de tempo gasto em manobras pela colhedora.

Número de manobras	197
Tempo médio das manobras (s)	16
Tempo perdido em manobras (s)	3 152
Tempo perdido em manobras (%)	4,36

De posse dos valores da capacidade teórica, tempo gasto em manobras e descargas, foi possível calcular a eficiência operacional da colheita, conforme visualizado na tabela 10. A eficiência operacional é determinada a partir da razão entre a capacidade operacional efetiva e da capacidade teórica. A determinação da capacidade operacional efetiva se dá através do número total de hectares dividido pelo tempo total da operação. No caso estudado, a COE foi de 2,47 ha.h⁻¹, ou seja, a colhedora colheu em média 2,47 hectares a cada hora de trabalho.

A eficiência operacional da colhedora corresponde ao período de tempo em que a colhedora realmente estava colhendo. No caso estudado, esta eficiência foi de 54,13%. Molin *et al* (2006) trabalhando com colheita de soja com o mesmo modelo de colhedora, encontraram valores de eficiência operacional de 59% e capacidade operacional de 2,7 ha.h⁻¹.

Tabela 9- Capacidade operacional efetiva e eficiência operacional da colheita.

Descrição	%	Absoluto
Tempo perdido em descargas (%)	10,05	02h04min
Tempo perdido em manobras (%)	4,36	00h54min
Outras perdas de tempo (%)	31,46	06h28min
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)		2,47
Eficiência operacional (%)		54,13

Segundo a tabela 9, as outras perdas de tempo na operação de colheita foram de 31,46%. Este valor corresponde ao período em que a colhedora não estava colhendo (54,13%), nem estava descarregando os grãos (10,05%) e nem estava realizando manobras (4,36%). Portanto, a colhedora permaneceu 31,46% do tempo em atividades não operacionais. Realmente, a maior parte deste período foi devido a manutenção realizada na plataforma, o que contribuiu muito para o baixo valor de eficiência operacional.

Para entender melhor como esta quebra da plataforma ocasionou uma baixa eficiência operacional, foi realizado uma simulação (Tabela 10) para verificar qual seria a capacidade operacional efetiva e a eficiência operacional caso não houvesse a quebra na peça da plataforma.

Tabela 10- Comparação da capacidade e eficiência operacional na operação de colheita, sem o tempo de manutenção ocorrido.

Descrição	Real		Simulado	
	%	Absoluto	%	Absoluto
Tempo total de operação	100	20h34min	100	16h33min
Tempo perdido em descargas	10,05	02h04min	12,22	02h04min
Tempo perdido em manobras	4,36	00h54min	5,31	00h54min
Outras perdas de tempo	31,46	06h28min	16,67	02h45min
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)		2,47		3,00
Eficiência operacional (%)		54,13		65,81

Através da simulação, foi possível verificar que se não houvesse ocorrido a parada devido a quebra da peça na plataforma da colhedora, a capacidade operacional efetiva seria de 3 ha.h^{-1} e a eficiência operacional de 65,81%. Com isto, ocorreria um acréscimo de 11,68% na eficiência operacional.

4.1.2 *Análise do trajeto e das manobras da operação de colheita*

Neste momento faremos uma análise detalhada do padrão das manobras realizadas na operação de colheita mecanizada de soja e estudaremos outras possibilidades de percurso na qual otimizariamos a utilização da colhedora. Também será avaliada a eficiência do percurso e a eficiência de trajeto em diferentes modelos de trajetos percorridos.

O software utilizado para auxiliar nesta determinação foi o TrackMaker®. Entretanto, vale salientar que este software não possui qualquer ferramenta para simular uma operação agrícola, como de colheita, por exemplo. A figura 18 apresenta os diferentes modelos de trajeto.

Cabe salientar que somente o percurso realizado na operação é real e os outros modelos não seguem espaçamentos nem direções reais, apenas aproximação.

A figura 18 nos mostra seis diferentes modelos de trajetos que poderiam ser utilizados pelo operador da colhedora na área do Rio. A figura 18[a] nos mostra o trajeto percorrido real, enquanto que os demais são padrões de trajetos que poderiam ser adotados.

A partir destes modelos podemos estimar qual seria o melhor modelo a ser adotado pelo operador para que ele pudesse aumentar a eficiência de percurso, diminuindo o número de manobras e conseqüentemente aumentasse a eficiência operacional.

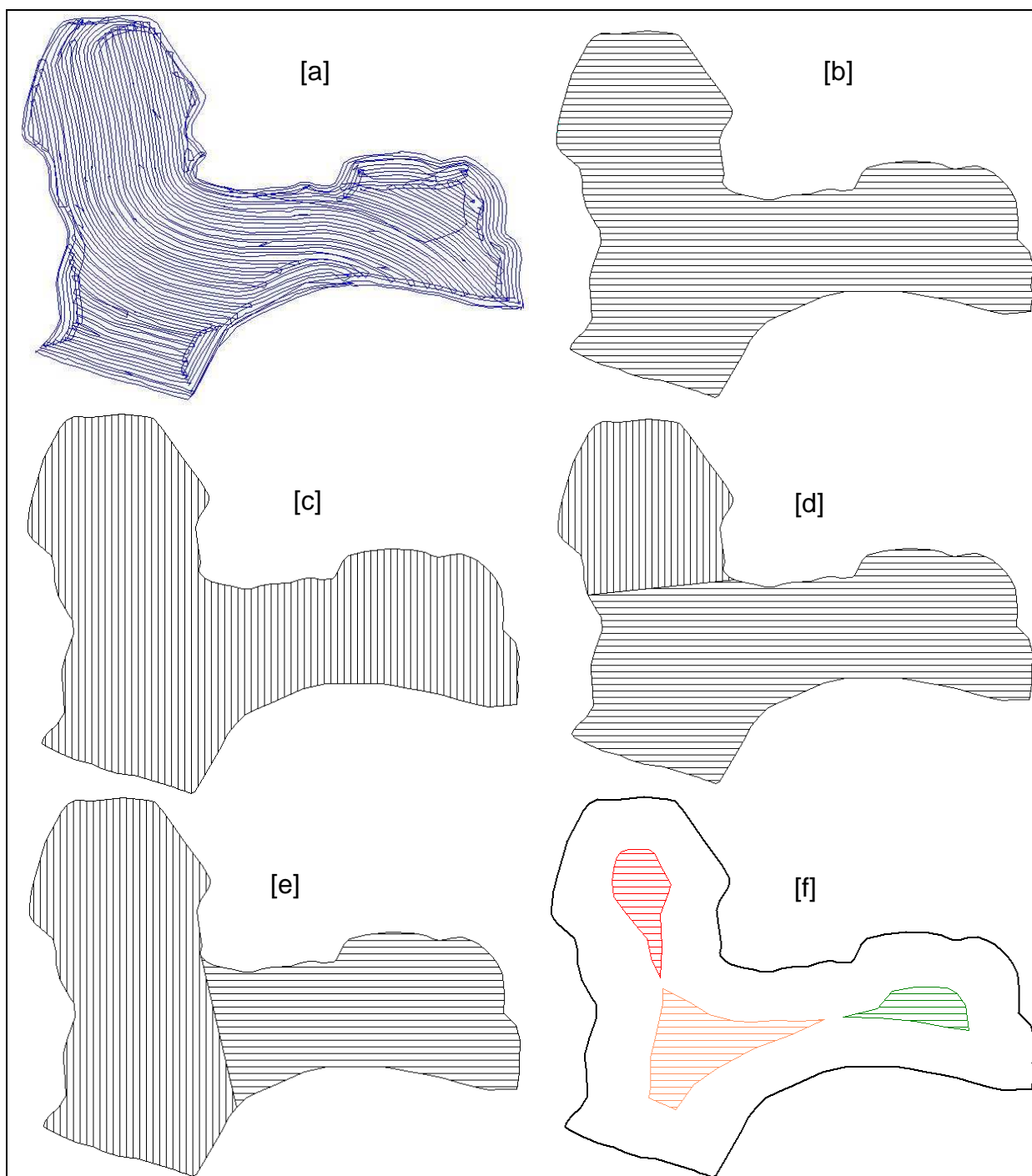


Figura 18 – Diferentes modelos possíveis de trajetos para a colheita na área do Rio. [a] – modelo adotado pelo operador; [b] a [f] – modelos possíveis de serem adotados.

Analisando a figura 18[a], que representa o trajeto adotado pelo operador, podemos comparar a eficiência do percurso com a eficiência do trajeto, pois temos a distância percorrida pela colhedora.

Tabela 11 – Comparação entre eficiência de percurso (EP) e eficiência de trajeto (ET), na operação de colheita mecanizada na área do Rio.

	F* (m)	W (m)	ω (m) colhedora	Distância (m)	EP (%)	ET (%)
ω 100%	1 071	436	7,72	59 411	83,3	75,4
ω 90 %			6,95		83,3	83,8

* F é o comprimento do talhão, W é a largura do talhão e ω é a largura da plataforma.

Na operação de colheita, a eficiência de percurso foi de 83,3% o que significa que neste percentual de distância a colhedora estava realizando a colheita. O restante da distância percorrida foi gasto com descargas e manobras, principalmente.

Podemos perceber que a largura do implemento tem pouca influência na determinação da eficiência do percurso, mas sua significância aparece quando determinamos a eficiência do trajeto. Pela tabela 11 vemos que a largura de 100% da colhedora é de 7,72 m e 90% de sua largura corresponde a 6,95 metros. Na prática, dificilmente o operador consegue colher com 100% da largura da plataforma, pois a atenção para que isto ocorra é máximo, o que elevará a fadiga do operador e qualquer descuido fará com que haja falhas na colheita. Devido a isto é recomendado que o operador trabalhe com 90% da largura efetiva da plataforma.

Se observarmos o valor da eficiência de percurso, notamos que não há diferença em seu valor quando mudamos o percentual de largura utilizada da plataforma. Este padrão é normal, pois a influência da largura da plataforma para a eficiência do percurso é maior em talhões de menor tamanho. Em contrapartida, sabemos que caso a colhedora trabalhe com 100% da largura efetiva comparado com o trabalho de 90%, seu deslocamento total no talhão deverá ser 10% menor. Só que esta diferença não aparece quando calculamos a EP.

O valor de eficiência de trajeto com 90% da largura da plataforma ficou semelhante com a EP. Isto pode significar que:

- O operador trabalhou, em média durante toda a colheita, com 90% da largura da plataforma;
- Se fosse trabalhar com 100% da largura da plataforma a distância percorrida neste talhão seria de 53 435 metros.

A tabela 12 mostra os diferentes modelos de percurso que poderiam ser adotados pelo operador para a operação de colheita. A largura da plataforma utilizada para o cálculo de EP foi de 6,95 metros ou 90% da largura total. As visualizações dos modelos estão presentes na figura 18.

Tabela 12 – Eficiência de percurso de diferentes modelos na área do Rio para operação de colheita.

Modelo	F* (m)	W (m)	Área		EP (%) Parcial	EP (%) Total
			Hectares	%		
A	1 071	436	36,4	100	-	83,3
B	918	718	36,4	100	-	72,1
C	718	918	36,4	100	-	61,2
D	363	340	9,19	26,5	68,5	78,0
	853	369	27,21	73,5	81,4	
E	773	293	21,15	61	84,4	82,6
	561	291	15,25	39	79,8	
F	3 570	231	28,75	83,1	96,9	94,2
	267	113	1,55	4,5	83,4	
	366	211	3,13	9,0	78,2	
	236	87	1,17	3,4	85,5	

* F é o comprimento do talhão, W é a largura do talhão e ω é a largura da plataforma.

Analisando a tabela 12 percebemos que o trajeto adotado pelo operador (Figura 18[a]) apresentou a segunda melhor eficiência de percurso, totalizando 83,3% do deslocamento da colhedora em operação. Entretanto, o melhor modelo a ser adotado seria o Figura 18[f], que apresentou a EP de 94,2%. Este modelo é chamado de modelo de circuito, de fora para dentro. Caracteriza-se pela operação em voltas que começam pelas cabeceiras do talhão e termina próximo ao centro. Como junto a colhedora havia a presença do conjunto mecanizado trator/reboque, que efetuava o transporte dos grãos colhidos para fora do talhão, este modelo pode ser adotado nesta operação, sem prejuízo de tempo de descarregamentos.

Analisando estes dois modelos (Figura 18[a], utilizado na operação e figura 18[f], melhor eficiência de percurso), podemos efetuar algumas comparações para melhor entender suas eficiências (Tabela 13).

Tabela 13 – Diferença de número e tempo de manobra para colheita na área do Rio, em comparação de dois modelos.

Modelo	Número de manobras	Tempo por manobra (s)	Tempo total (s)	% tempo de operação
A	134	16	2144	2,96
F	109	16	1744	2,41
F - A	- 25 (-19%)	-	- 400	- 0,55

Se fosse utilizado o modelo de operação de circuito (modelo 18[f]), o número de manobras totais seria de 109. Comparando com o modelo adotado pelo operador, este valor é 19% menor que as 134 manobras realizadas na operação. Em termos de tempo de operação total, adotando o modelo 18[f], o percentual de tempo seria diminuído 0,55%, aumentando assim a eficiência operacional total.

Analisando mais detalhadamente o trajeto simulado do modelo de operação em circuito, 28,75 ha ou 83,1% da área seria colhida, até chegar ao limite onde a largura do talhão mínima estaria toda colhida, deixando assim pequenas áreas separadas entre si, que deverão ser colhidas consecutivamente (Figura 18[f]). O interessante é que, das 109 manobras totais necessárias neste modelo, para colher os 83,1% da área são necessárias apenas 45 manobras ou 41% destas.

Portanto, para os formatos de talhão irregulares, como é o caso dos talhões analisados, o planejamento operacional é de fundamental importância para o aumento da eficiência, pois com ele podemos escolher previamente o melhor modelo de trajeto a ser adotado na área.

Para a área da Coxilha foram analisados quatro modelos de percurso para a operação de colheita mecanizada (Figura 19). Seguindo a mesma linha de raciocínio que na área do Rio, o modelo 19[a] corresponde ao trajeto adotado pelo operador no momento da colheita. Diferentemente da área do Rio, não é necessário realizar subdivisões na área da Coxilha para almejar o aumento da eficiência de percurso, pois esta área apresenta um formato geométrico bom que resulta em maior eficiência operacional.

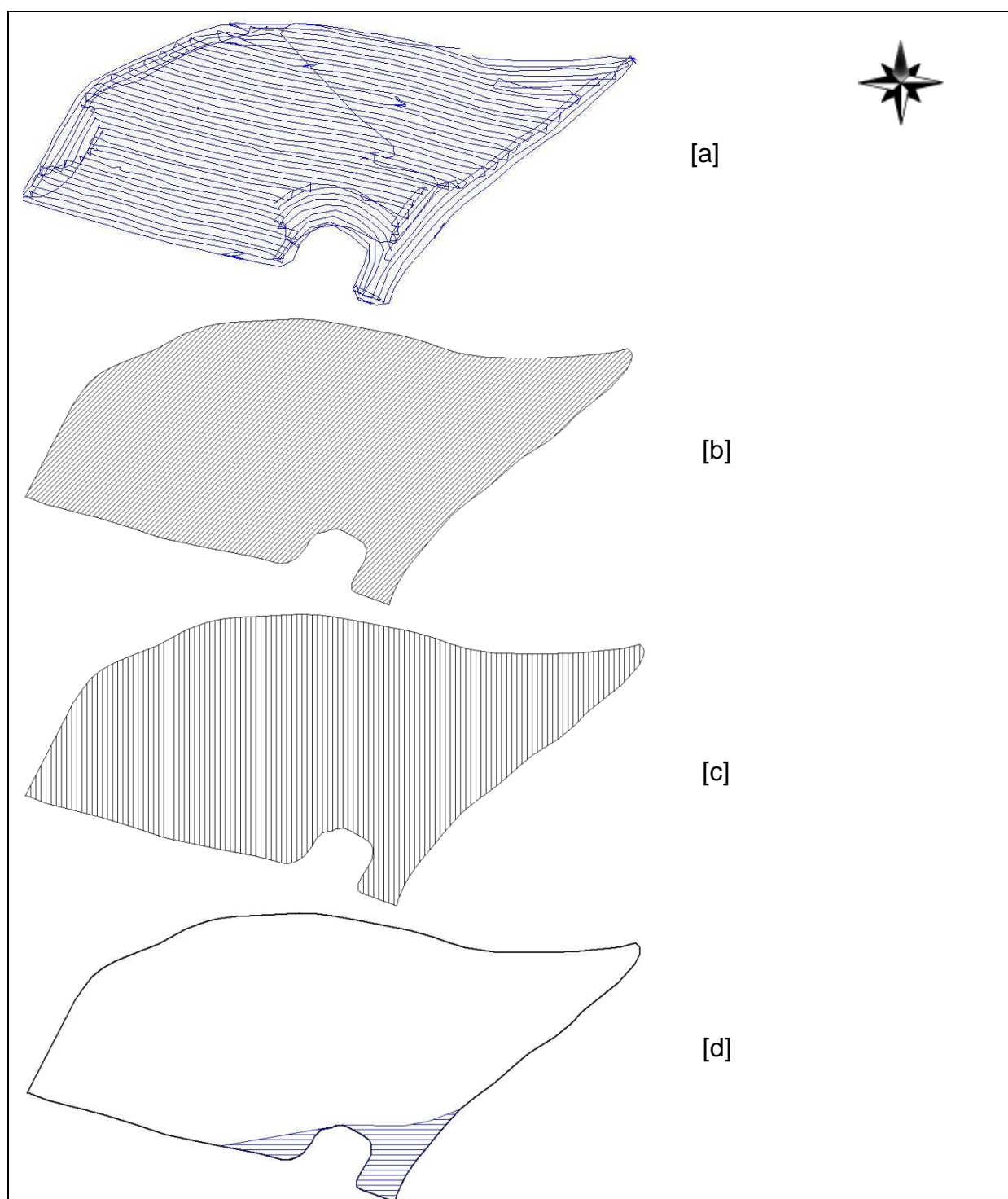


Figura 19 – Diferentes modelos possíveis de trajetos para a colheita na área da Coxilha.

Percebe-se que o operador optou por um modelo de percurso satisfatório pelo formato da área, da mesma forma como ocorreu na escolha do modelo de percurso na área do Rio.

Se analisarmos a tabela 14, veremos que a tendência da eficiência de percurso é igual para ambas as larguras e a eficiência de trajeto com 90% da largura da plataforma semelhante à EP se repete, comparada com a área do rio. Da mesma forma, as considerações sobre a eficiência de trajeto são semelhantes ao do talhão anterior.

Tabela 14 – Comparação entre eficiência de percurso (EP) e eficiência de trajeto (ET), na operação de colheita mecanizada na área da Coxilha.

	F (m)	W (m)	ω (m) colhedora	Distância (m)	EP (%)	ET (%)
ω 100%	731	371	7,72	24 538	80,1	74,4
ω 90 %			6,95			

* F é o comprimento do talhão, W é a largura do talhão e ω é a largura da plataforma.

Avaliando a tabela 15, sobre a eficiência de percurso em diferentes modelos de trajetos que podem ser adotados pelo operador, na área da Coxilha, percebemos que o modelo 19[a] utilizado na operação de colheita mecanizada de soja teve uma EP de 80,1%, ficando com a segunda melhor eficiência de percurso no talhão.

Tabela 15 – Eficiência de percurso de diferentes modelos na área da Coxilha para operação de colheita.

Modelo	F (m)	W (m)	Área		EP (%) Parcial	EP (%) Total
			Hectares	%		
A	731	371	14,1	100	-	80,1
B	429	731	14,1	100	-	54,2
C	371	731	14,1	100	-	50,6
	825	275	13,3	94,1	86,0	
D	144	34	0,21	1,5	91,4	86,0
	102	50	0,62	4,4	82,6	

Da mesma forma que ocorreu na área do Rio, o modelo em circuito apresentou a melhor eficiência de percurso, com um valor de 86%. Se compararmos a figura 18[f] e a figura 19[d], que tratam de modelos de circuito, porém de talhões diferentes, visualmente a área da Coxilha teria melhor EP quando comparada com a

área do Rio. Esta tendência não é confirmada matematicamente e a explicação está no fator largura do talhão. Por mais que na área da Coxilha sobraria um percentual menor de área para ser colhida (área hachurada), a relação entre comprimento pela largura do talhão é maior na área do Rio, o que confere uma maior eficiência do percurso. Devido a isto é que se deve, sempre que possível, utilizar modelos de trajetos com o maior comprimento ou perímetro possível.

Com relação a manobras na área da Coxilha, não houve grande diferença no número delas comparando o modelo utilizado (Figura 19[a]) e o modelo de circuito 19[d]), pois o modelo utilizado é bem parecido com o modelo de melhor EP. A diferença no tempo de manobras é de menos de dois minutos, se fosse adotado o modelo 19[d], e sua contribuição no tempo total é de 0,16%.

Tabela 16 – Diferença de número e tempo de manobra na área da Coxilha, para colheita, em comparação de dois modelos.

Modelo	Número de manobras	Tempo por manobra (s)	Tempo total (s)	% tempo de operação
A	63	16	1008	1,4
F	56	16	896	1,24
F - A	- 7 (-11%)	-	- 112	- 0,16

4.2 Operação de distribuição à taxa variável

A operação de distribuição à taxa variável de insumos ocorreu em três talhões: Rio, Coxilha e Koeche. Os insumos aplicados foram o super fosfato triplo (SFT), fonte de fósforo e o cloreto de potássio (KCl), fonte de potássio. As aplicações à taxa variável de fertilizantes precederam a semeadura da soja.

Estas operações foram realizadas com o conjunto mecanizado trator/distribuidor centrífugo, conforme descrição no item materiais e métodos. A aplicação de cada insumo ocorreu de forma separada, ou seja, primeiro foi aplicado um insumo e depois outro. Isto ocorre porque as necessidades de aplicação diferem localmente de um insumo para outro, conforme pode ser observado nas figuras 20 e 21. As quantidades de taxas de aplicações variam conforme o talhão e quem determina esta quantidade é o engenheiro que confecciona o mapa de prescrição. Como pode ser observado nestes mapas de aplicação de insumos na área do Rio, o

mapa de prescrição de KCl tem apenas três dosagens, enquanto que o mapa de SFT possui seis dosagens diferentes.

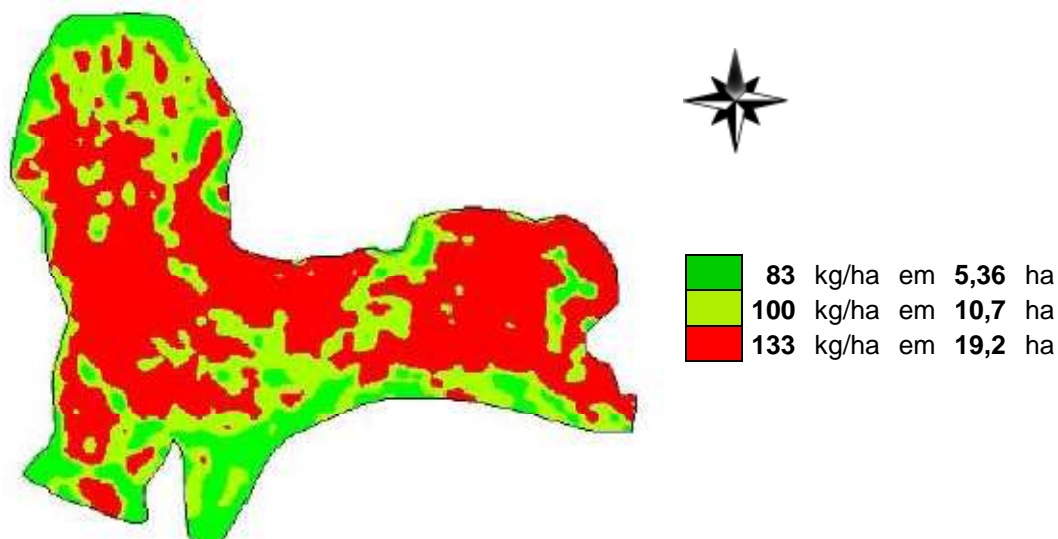


Figura 20 - Mapa de aplicação à taxa variável de cloreto de potássio (KCl) na área do Rio.

A principal influência da aplicação à taxa variável de insumos em comparação com a taxa fixa, na eficiência operacional, é que fica mais difícil a determinação do ponto de reabastecimento de insumos. Como a dosagem é variável no talhão, o tempo entre um reabastecimento e outro é diferente. Entretanto, pode-se estimar o local de reabastecimento observando no mapa de aplicação, as doses em cada parte do talhão e o trajeto percorrido pelo conjunto mecanizado e, a partir desta informação, estimar o local de reabastecimento.

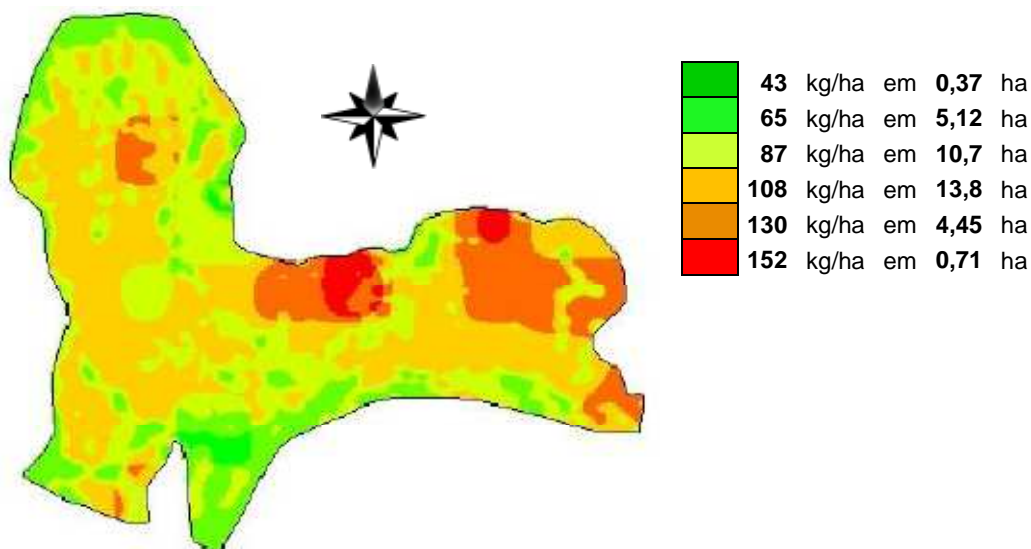


Figura 21 - Mapa de aplicação à taxa variável de super fosfato triplo (SFT) na área do Rio.

Estes mapas de prescrição de insumos foram gerados a partir do software SGIS®. Uma informação importante que os mapas nos apresentam é a dosagem a ser aplicada em cada local e a área correspondente com aquela dosagem. Por exemplo, na figura 21, temos o mapa de aplicação à taxa variável de SFT, onde há 0,37 ha com dosagem de 43 kg/ha, 5,12 ha com dosagem de 65 kg/ha, e assim sucessivamente.

O sistema computadorizado embarcado no trator, que fez a leitura deste mapa, foi o Fieldstar®. Este hardware é o mesmo utilizado pela colhedora, porém com um software diferente. A diferença básica do software é que na colhedora ele coleta as informações de posicionamento e produtividade, por exemplo, e no trator ele interpreta as doses de insumos georreferenciadas a serem aplicadas, e comanda a abertura da comporta do distribuidor para variar a taxa de aplicação.

4.2.1 Análise operacional da operação de aplicação à taxa variável

A mesma metodologia empregada para a determinação da capacidade e eficiência operacional da colheita foi utilizada para a determinação na aplicação à taxa variável de fertilizantes. As áreas utilizadas foram as mesmas da colheita, somando-se a elas a área denominada Koeche, com 50,62 hectares, de propriedade de Valdir Koeche, localizada no município de Vitor Graeff. O tempo total de operação nas diferentes áreas pode ser observados na tabela 17.

Tabela 17 - Tempo de operação das aplicações à taxa variável.

DESCRIÇÃO	Rio		Coxilha		Koeche	
	KCI	SFT	KCI	SFT	KCI	SFT
Área (ha)	34,68		14,74		50,62	
Data	22/11/06		22/11/06		13/10/06	14/10/06
Início da operação	13h20min	8h45min	11h46min	10h42min	13h52min	9h27min
Fim da operação	15h01min	10h33min	12h32min	11h27min	18h01min	12h54min
Tempo total	1h41min	1h48min	0h46min	0h45min	4h03min	3h27min

Nota-se que em cada talhão estudado têm-se duas aplicações de insumos e a variação de tempo de operação entre elas não é muito significativa. A partir desta informação, já podemos concluir que há uma uniformidade na velocidade média de aplicação. Entretanto, não podemos concluir que há uniformidade nesta velocidade

ao longo de toda a operação no talhão. Para isto, a melhor forma de visualizarmos a velocidade na operação é através do mapa de velocidade (Figura 22), pois ele nos informa a velocidade em cada área do talhão.

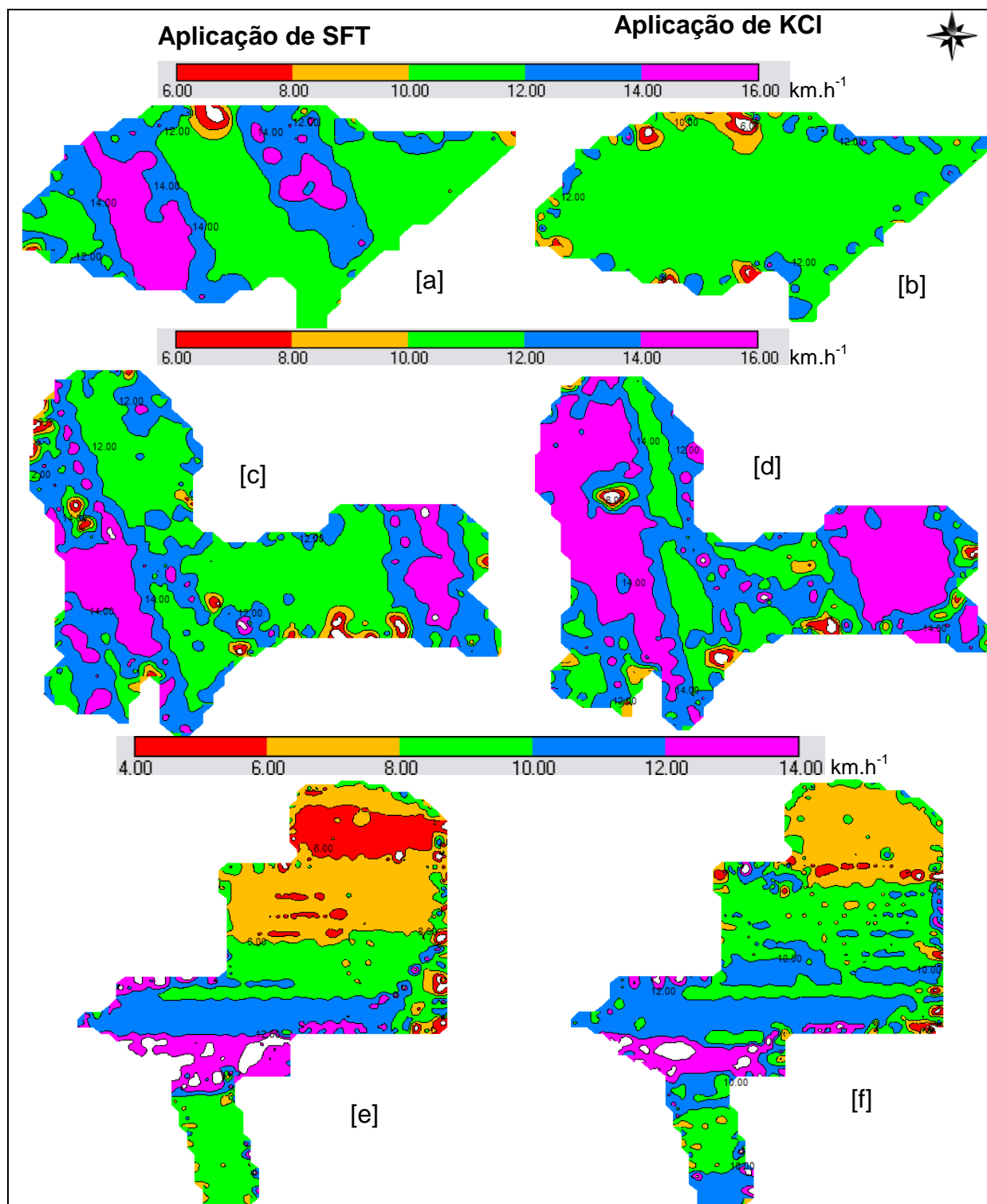


Figura 22 - Mapas de velocidade de operação de aplicação à taxa variável de insumos nas áreas da Coxilha ([a] e [b]), Rio ([c] e [d]), e Koeche ([e] e [f]).

Se observarmos o tempo total de operação na área da Coxilha (Tabela 17), verificamos que este tempo foi bem próximo entre as aplicações, sendo 45min para a aplicação de KCl e 46min para SFT. Se considerarmos somente o tempo total de operação, podemos concluir que houve, durante a operação, uma velocidade parecida. Entretanto, se visualizarmos os mapas de velocidade de aplicação, conforme expostos na figura 22, podemos concluir que houve variação na velocidade de operação.

A aplicação à taxa variável de KCl teve a velocidade de operação entre 10 a 12 km.h⁻¹ em todo os viagens de trabalho, e somente nas manobras esta velocidade variou. Visualizando o mapa de velocidade na aplicação de SFT, nota-se que esta velocidade variou no talhão, sendo em muitas áreas superiores a 14 km.h⁻¹. Este aumento de velocidade foi refletido na velocidade média de operação (Tabela 18). Verifica-se que para este mesmo talhão, a velocidade média passou de 10,77 km.h⁻¹ na aplicação de KCl para 11,26 km.h⁻¹ na aplicação de SFT.

Portanto, se o tempo de operação na área da Coxilha foi semelhante entre as aplicações, mas a velocidade média foi maior na aplicação de SFT, podemos concluir que houve uma perda de tempo maior na aplicação de SFT, em alguns dos fatores analisados, que fará a eficiência operacional nesta aplicação ser menor que na aplicação de KCl. Isto prova que aumentando a velocidade média na operação não aumentará sua eficiência.

Tabela 18 - Dose, largura de trabalho, velocidade média e capacidade teórica da aplicação à taxa variável.

DESCRIÇÃO	Rio		Coxilha		Koeche	
	KCl	SFT	KCl	SFT	KCl	SFT
Largura de trabalho (m)	30		30		27	
Velocidade média (km.h ⁻¹)	11,84	11,36	10,77	11,26	8,79	8,30
Capacidade Teórica (ha.h ⁻¹)	35,50	34,10	32,30	33,80	23,70	22,40

Ainda na tabela 18, podemos verificar que a largura de trabalho foi diferente na área Koeche em relação as outras áreas. Esta diferença de três metros foi determinada pelo engenheiro agrônomo que elaborou o mapa de prescrição, juntamente com o operador do trator. Indiferentemente da largura de trabalho a ser adotada, esta informação deverá ser inserida no computador de bordo para que ele possa capturar as informações do receptor GPS realizar passadas paralelas na

largura especificada. Esta largura de trabalho depende também da granulometria do insumo a ser aplicado, pois este insumo poderá não ser lançado, de maneira uniforme, na distância pretendida caso não haja uma boa uniformidade nos grânulos. A capacidade teórica foi maior nas áreas do Rio e Coxilha e menor na área Koeche, devido aos fatores de largura de trabalho e velocidade média de operação. Pode-se verificar também que a velocidade média na área Koeche foi menor do que das outras áreas, devido ao operador ser diferente e a variação de altitude na área comprometer a qualidade da aplicação, caso a velocidade fosse acrescida. A capacidade teórica na aplicação à taxa variável variou de 22,4 ha.h⁻¹ a 35,5 ha.h⁻¹. Entretanto, esta variação não foi observada quando comparada entre operações no mesmo talhão.

Se observarmos a figura 22, na área Koeche, nas duas aplicações de insumos, houve uma menor velocidade de operação na parte mais ao norte da área, visto que, neste local, há presença de terraços de bases largas, estruturas que servem para controlar a erosão, herança do cultivo convencional. Para o conjunto mecanizado efetuar uma aplicação com qualidade foi necessário, neste local, reduzir a velocidade de trabalho. Foram realizados também, de forma semelhante ao que ocorreu na colheita mecanizada de soja, os tempos de reabastecimento de insumos e manobras, do conjunto mecanizado. A tabela 19 nos mostra a dose total que foi aplicada em cada talhão, o número de reabastecimento, o tempo médio e total gasto com reabastecimento e o percentual de tempo perdido comparado com o total da operação. Esta perda de tempo com reabastecimento variou de 10,9% a 27%, e correspondem ao mesmo talhão da Coxilha. Esta variação ocorreu devido ao maior tempo em um dos reabastecimentos, o que elevou o valor percentual.

Tabela 19 - Tempo perdido em reabastecimento na aplicação à taxa variável.

REABASTECIMENTOS	Rio		Coxilha		Koeche	
	KCI	SFT	KCI	SFT	KCI	SFT
Dose total aplicada (kg)	4 000	3 550	2 000	1 500	5 200	5 200
Número	4	3	2	2	6	5
Tempo médio (s)	205	299	150	365	422	353
Tempo perdido (s)	820	897	750	730	2 520	1 765
Área perdida (ha)	4,80	4,72	3,51	9,14	4,11	3,18
Tempo perdido (%)	13,5	13,8	10,9	27,0	17,4	14,2

Se compararmos o tempo de reabastecimento da área do Koeche comparado com as outras áreas, percebemos um valor maior gasto com reabastecimento nesta área devido não haver a abertura dos sacos de insumos previamente a parada para reabastecimento. Isto confirma a maior eficiência operacional utilizando uma pessoa para realizar esta abertura dos sacos durante a operação de distribuição de insumos.

Os dados coletados em manobras nos mostram uma tendência interessante e já conhecida. Quanto maior for a área total do talhão, menor será o percentual de tempo perdido em manobras. Isto pode ser verificado com os dados presentes na tabela 20, na maior área (Koeche com 50,62 ha) houve o menor percentual de tempo gasto com manobras com um valor médio entre as operações de 4,11%. Se verificarmos a menor área (Coxilha com 14,74 ha) percebemos que o tempo médio gasto com manobras aumenta para 12,8% em média.

O número de manobras também é inversamente proporcional ao tamanho do talhão. Na menor área (14,7 ha) foram efetuadas 21 manobras, que representa uma relação de 1,43 manobras por hectare e, na maior área (50,62 ha) até 39 manobras na aplicação de SFT, o que confere uma relação de 0,77 manobras por hectares.

O tempo médio gasto para realizar as manobras também foi diferente. Entretanto esta variação depende da velocidade em que são executadas e não da forma e do tamanho do talhão. Percebe-se que na área Koeche o tempo médio gasto com manobras ficou próximo dos 14 segundos, enquanto que nas áreas do Rio e da Coxilha este valor ficou próximo da 16,5 segundos.

Tabela 20 - Tempo perdido em manobras na aplicação à taxa variável.

MANOBRAS	Rio		Coxilha		Koeche	
	KCI	SFT	KCI	SFT	KCI	SFT
Número	27	29	21	21	36	39
Tempo médio (s)	17,3	17,1	17,5	15,3	15,5	13,4
Tempo perdido (s)	467,1	495,9	367,5	321,3	558,0	522,6
Área perdida (ha)	2,77	2,63	4,36	4,07	0,93	0,97
Tempo perdido (%)	7,79	7,72	13,51	12,04	3,92	4,31

O talhão Koeche foi o que apresentou a melhor e a pior eficiência operacional das seis operações à taxa variável estudadas. A explicação para isto é que a aplicação de KCI foi a primeira operação realizada na área e nela foi realizado as

regulagens necessárias de vazão e perfil longitudinal de distribuição, fato que pode ser comprovado observando a tabela 21, em outras perdas de tempo.

Tabela 21 - Capacidade operacional efetiva e eficiência operacional da aplicação à taxa variável.

DESCRIÇÃO	Rio		Coxilha		Koeche	
	KCI	SFT	KCI	SFT	KCI	SFT
Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	35,5	34,1	32,3	33,8	23,7	22,4
Perdas em abastecimento (%)	13,5	13,8	10,9	27,0	17,4	14,2
Perdas em manobras (%)	7,8	7,7	13,5	12,0	3,9	4,3
Outras perdas de tempo (%)	20,7	21,8	16,2	2,9	26,0	15,9
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	20,6	19,3	19,2	19,6	12,5	14,7
Eficiência operacional (%)	58,0	56,6	59,4	58,0	52,7	65,6

Um dos motivos da utilização do conjunto mecanizado trator/distribuidor centrífugo é sua capacidade operacional maior do que conjuntos como trator/semeadora/adubadora. Este conjunto mecanizado trator MF 5310 e distribuidor centrífugo Amazone 1500, possuem elevada capacidade operacional, como pode ser visto na tabela 21. Foi observado que na área do Rio, na aplicação à taxa variável de KCI, a capacidade operacional efetiva foi de 20,6 ha.h⁻¹. Isto significa que para a aplicação deste insumo nos 34,68 hectares deste talhão, o conjunto mecanizado demorou apenas 1 hora e 41 minutos. Esta elevada capacidade operacional é o principal fator levado em conta na aquisição deste conjunto mecanizado.

A justificativa para a baixa eficiência da operação de aplicação à taxa variável reside no fato que a capacidade operacional é elevada. Exemplificando esta informação podemos comparar esta operação com outra de aração. Se na aração ocorrer uma perda de tempo, por qualquer motivo, de 10 minutos, deixaria de se trabalhar em média 600m². Se considerarmos estes mesmos 10 minutos, na aplicação à taxa variável, se deixaria de trabalhar 50.000m². Isto significa uma diferença de área trabalhada 83 vezes maior, neste exemplo. Portanto, o planejamento operacional, como manobrabilidade, pontos de reabastecimentos, sentido de viagens de trabalho, entre outras variáveis, em máquinas de maior

capacidade operacional, deve ser realizado previamente a operação, e sua justificativa está baseada no aumento significativo da eficiência operacional.

4.2.2 *Análise do trajeto e das manobras na aplicação à taxa variável*

De maneira semelhante com o que ocorreu com a operação de colheita, neste tópico analisaremos os trajetos percorridos e as manobras efetuadas pelo operador do conjunto mecanizado trator/distribuidor centrífugo. Como base avaliaremos somente a operação de distribuição à taxa variável de cloreto de potássio, pois a distribuição de SFT seguiu o mesmo modelo de percurso e teve o mesmo número de manobras. A figura 23 mostra os modelos possíveis de serem adotados pelo operador na área do Rio para distribuição à taxa variável.

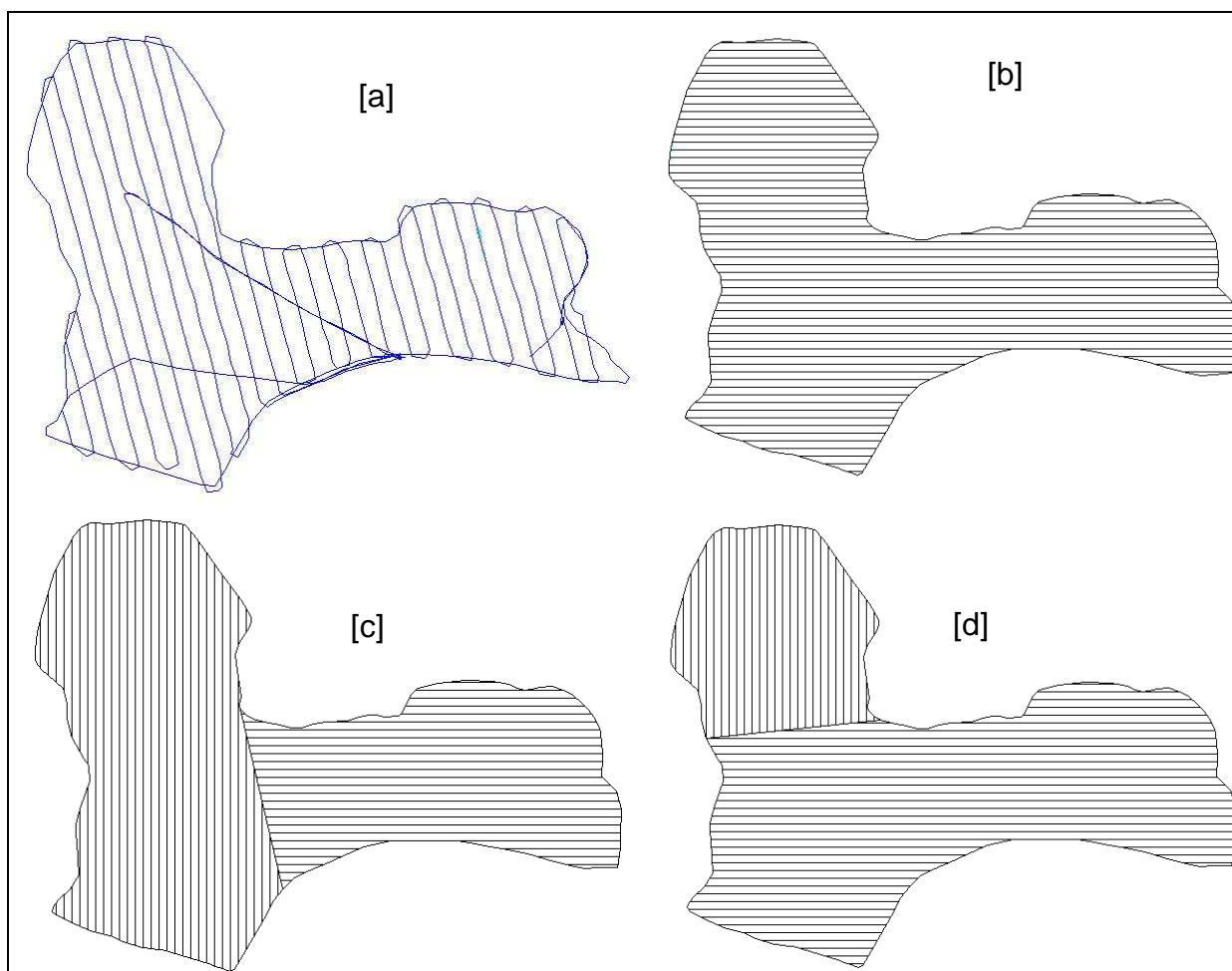


Figura 23 – Diferentes modelos possíveis de trajetos para distribuição à taxa variável na área do Rio.

Podemos perceber que não há o modelo de circuito, presente na operação de colheita, e que matematicamente seria o melhor modelo para a colheita. A justificativa da ausência deste modelo seria a dificuldade do operador guiar o trator pelo piloto auxiliar (barra de luzes), em trajetos que não são lineares. Caso o conjunto mecanizado possuísse piloto automático, guiado por GPS, possivelmente este modelo seria o que deteria a melhor eficiência de percurso.

Observando a figura 23, visualizamos quatro modelos de percurso diferentes, sendo o modelo [a] o adotado pelo operador. Nota-se que os modelos apresentam apenas trajetos lineares, para diminuir a fadiga do operador em operações de circuito. Na tabela 22 consta a análise de cada modelo para justificar matematicamente qual modelo apresenta maior eficiência de percurso.

Tabela 22 – Eficiência de percurso de diferentes modelos na área do Rio para operação de distribuição de insumos à taxa variável.

Modelo	F (m)	W (m)	Área		EP (%)	EP (%)
			Hectares	%	Parcial	Total
A	718	918	36,4	100	-	61,8
B	918	718	36,4	100	-	72,7
C	773	293	21,1	61	85,5	83,8
	561	291	15,2	39	81,1	
D	363	340	9,2	26,5	70,1	79,9
	853	369	27,2	73,5	83,4	

Podemos perceber que o modelo [a] adotado pelo operador para realizar a aplicação à taxa variável de insumo teve eficiência de percurso de 61,8%, um valor relativamente baixo. Aliás, dos quatro modelos disponíveis, o modelo [a] foi o que apresentou a pior EP.

Devido ao formato do talhão Rio, os modelos que apresentaram melhor eficiência de percurso foram os modelos [c] e [d]. Estes modelos foram subdivididos em duas partes que, por consequência, tiveram relação comprimento/largura do talhão elevada. Para comparar a eficiência de percurso com a eficiência de trajeto foi confeccionada a tabela 23.

Tabela 23 – Comparação entre eficiência de percurso (EP) e eficiência de trajeto (ET), na operação de distribuição à taxa variável na área do rio.

	F (m)	W (m)	Distância (m)	EP (%)	ET (%)
ω 30 (m)	718	918	16 810	61,8	68,6

De maneira semelhante, o valor de eficiência de percurso (61,8%) ficou próximo do valor de eficiência de trajeto (68,6%), mostrando a tendência que, apesar de modelos matemáticos diferentes, ambos representam de forma confiável a eficiência de percurso.

Para a área do Rio, o modelo de percurso que apresentou melhor eficiência foi o modelo [c], com 83,8%. A partir desta conclusão, podemos comparar os ganhos na adoção deste modelo em relação ao modelo utilizado na operação, no que diz respeito a manobras (Tabela 24).

Tabela 24 – Diferença de número e tempo de manobra na área do Rio, para distribuição à taxa variável, em comparação de dois modelos.

Modelo	Número de manobras	Tempo por manobra (s)	Tempo total (s)	% tempo de operação
A	28	17,2	481,6	7,7
C	23	17,2	395,6	6,3
C - A	- 5 (-18%)	-	- 82	- 1,4

Através da tabela 24, vimos que a escolha do modelo [a] pelo operador fez com que fosse necessário 18% a mais de manobras na operação de aplicação à taxa variável no talhão do Rio e, conseqüentemente, a perda de 1,4% na eficiência operacional total. É importante salientar que apesar do número de manobras serem somente cinco a mais que no modelo [c] e o tempo adicionado a operação ser de apenas 82 segundos, há relativa redução na eficiência operacional (1,4%) devido ao conjunto operacional possuir uma elevada capacidade teórica de trabalho (mais de 30 ha.h⁻¹), reafirmando com isso a necessidade de planejamento operacional em máquinas de grande capacidade de operação.

Também foram analisadas as manobras e o trajeto percorrido pela aplicação à taxa variável de cloreto de potássio para a área da Coxilha. Na figura 24 será apresentado três modelos de percurso que poderiam ser adotados pelo operador.

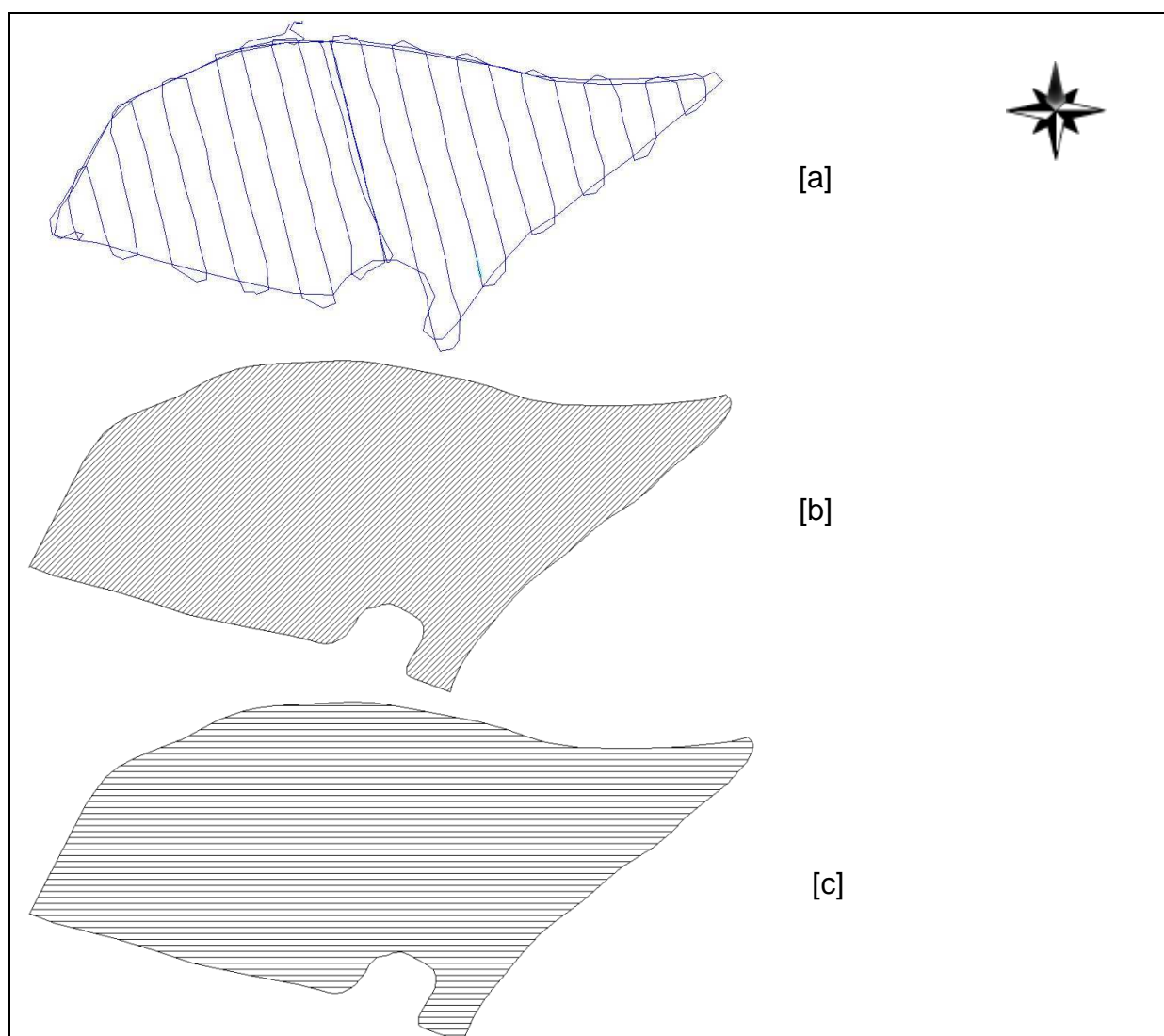


Figura 24 – Diferentes modelos possíveis de trajetos para distribuição à taxa variável na área do Rio.

Podemos identificar que a escolha do modelo pelo operador não a melhor para a aplicação à taxa variável na área da Coxilha. Através da análise da eficiência de percurso, verificamos que no modelo adotado ([a]), esta eficiência foi de apenas 51,4% (Tabela 25).

Tabela 25 – Eficiência de percurso de diferentes modelos na área da Coxilha para operação de distribuição à taxa variável de insumos.

Modelo	F (m)	W (m)	EP (%)
A	371	731	51,4
B	423	455	66,6
C	731	371	81,1

Esta eficiência de percurso de 51,4% significa que o conjunto mecanizado percorreu aproximadamente metade da distância total de 8 309 metros (Tabela 26) sem estar realmente distribuindo o insumo. Se formos utilizar o valor de eficiência de trajeto, este percentual de distância percorrida sem distribuição de insumo fica em 43,4%. Este valor é mais aproximado do real, pois conforme discutido anteriormente, em talhões de formato irregular a eficiência de trajeto é mais adequada.

Tabela 26 – Comparação entre eficiência de percurso (EP) e eficiência de trajeto (ET), na operação de distribuição à taxa variável na área da Coxilha.

	F (m)	W (m)	Distância (m)	EP (%)	ET (%)
ω 30 (m)	371	731	8 309	51,4	56,6

Para reforçar esta afirmação, vamos exemplificar utilizando a área da Coxilha que possui 14,1 ha ou 14 100 m². Se a largura de trabalho é de 30 metros, é necessário percorrer 4 703 metros para “cobrir” toda a área. Como na operação de distribuição à taxa variável foram percorridos 8 309 metros, então o conjunto mecanizado percorreu uma distância 43,3% maior. É claro que é necessário percorrer mais de 4 703 metros, pois são necessárias as manobras. Entretanto, este percentual deverá ser o menor possível.

De toda a análise de trajetos, a que apresentou a maior diferença entre o modelo adotado e o melhor modelo foi na aplicação à taxa variável na área da Coxilha (Tabela 27).

Tabela 27 – Diferença de número e tempo de manobra na área da Coxilha, para distribuição à taxa variável, em comparação de dois modelos.

Modelo	Número de manobras	Tempo por manobra (s)	Tempo total (s)	% tempo de operação
A	21	17,2	361,2	13,5
C	13	17,2	223,6	8,4
C - A	- 8 (-38%)	-	- 137,6	- 5,15

A escolha do modelo [a] pelo operador resultou em 38% a mais de manobras e numa perda de eficiência operacional total de 5,15%. Um planejamento prévio da operação, determinando a eficiência do percurso e comparando com o formato do talhão, resultaria neste ganho significativo de eficiência.

4.3 Mapas de altitude

Durante a avaliação dos dados coletados a campo para a análise operacional, foi observado que os dados de altitude, gerados a partir do receptor de sinal GPS embarcado nas máquinas, nos forneceram informações de altitudes que seriam importantes para a agricultura de precisão. Segundo vários estudos já realizados, os dados de altitude provenientes de receptores GPS de navegação, não seriam confiáveis para serem utilizados como informação gerencial.

Entretanto, para a agricultura de precisão, um mapa com informações sobre a variação de altitude no talhão é importante devido ao fato que estes dados apresentam correlações significativas com dados químicos e físicos do solo, operações mecanizadas e produtividades das culturas.

Em primeira análise foi observado que os mapas de altitude gerados a partir dos dados do GPS de navegação mostraram que a variação de altitude dentro do talhão é muito semelhante com o que está presente fisicamente na área. Contudo, não é possível afirmar que o valor absoluto de altitude, gerado a partir do GPS, seja realmente igual à altitude média dos mares, esta última utilizada como referência.

Para efeito de correlações com produtividade e outros dados de solo, é mais importante que seja confiável a informação da variação de altitude do que o valor absoluto dela. Devido a este fator, este trabalho considera importante os dados de altitude processados.

Em cada operação realizada, foram coletadas as informações de altitude georreferenciadas. Com isso, pode-se confeccionar os mapas de altitude de cada talhão em que houve operação agrícola. Para os talhões do Rio e da Coxilha foram gerados quatro mapas de altitude, sendo um para a aplicação à taxa variável de SFT, outro para a aplicação de KCl e outro para colheita a partir dos dados do GPS de navegação embarcado. Para o talhão Koeche foram confeccionados dois mapas, sendo gerados a partir dos dados obtidos pelo GPS de navegação na aplicação à taxa variável de fertilizantes.

Na figura 25, podemos visualizar os mapas de altitude da área da Coxilha, gerados a partir de diferentes dados coletados.

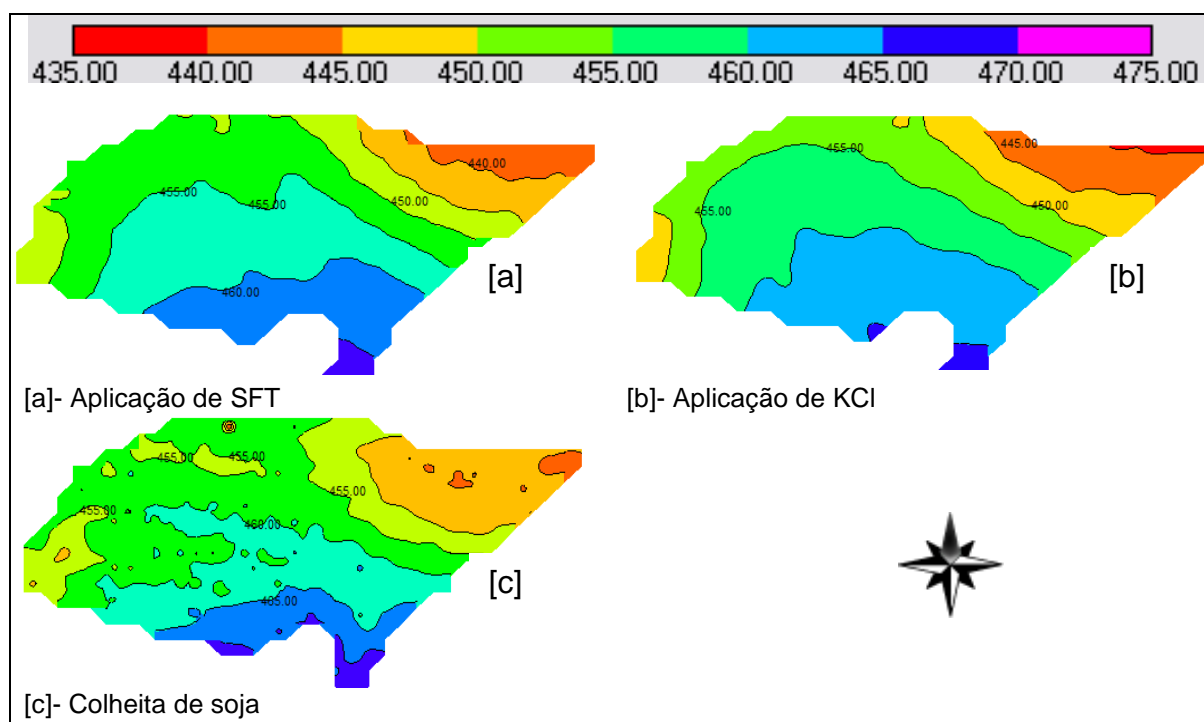


Figura 25 - Mapas de altitude da área da Coxilha obtidos de diferentes operações.

Se analisarmos a figura 25, percebemos que os mapas [a] e [b] são muito semelhantes entre eles e, através da análise de correlação, fica evidenciado esta percepção. Estes mapas foram gerados pelo software Campeiro 6.0 a partir dos dados de altitude do GPS de navegação, embarcado no trator, durante a aplicação à taxa variável de SFT (mapa [a]) e KCI (mapa [b]). A correlação entre estes dois mapas foi de 98,4%, conforme nos mostra a tabela 28.

Tabela 28 - Correlação de dados de altitude na área da Coxilha de três operações.

	Aplicação KCI	Aplicação SFT	Colheita
Aplicação KCI	1,00	0,984	0,910
Aplicação SFT	0,984	1,00	0,931
Colheita	0,910	0,931	1,00

Na avaliação da tabela 28, foi observado uma elevada correlação dos dados de altitude entre as operações de aplicação à taxa variável de SFT, de KCI e dos dados de colheita do receptor GPS de navegação.

Percebe-se também que, apesar do mapa de altitude obtido através do GPS de navegação na operação de colheita (mapa [c]) estar com algumas áreas com variação de altitude que não correspondem a realidade, na análise de correlação

com o mapa de altitude de aplicação de SFT apresenta 93,1% de correlação e, com o mapa de altitude na aplicação de KCI, este valor fica em 91%.

A explicação para que o mapa [c] na figura 25 apresente áreas com variação brusca de altitude em comparação com os mapas [a] e [b] da mesma figura, pode ser devido a largura de trabalho nestas diferentes operações. No caso dos mapas [a] e [b] a largura de trabalho foi de 30 metros, pois foi coletada durante a aplicação à taxa variável dos insumos, enquanto que no mapa [c] a largura de trabalho foi de aproximadamente 7 metros, coletada durante a colheita de soja. Através dos resultados dos mapas, tanto visual quanto estatístico, pressupõe-se que a largura de 30 metros corresponda mais fielmente ao que encontramos na realidade do talhão.

Outro fator que tem influência na visualização do mapa gerado é a quantidade de dados de altitude que é utilizado para geração da matriz base, ou como chamado no software Campeiro, modelo digital do terreno. Nos mapas de altitude gerados a partir dos dados da aplicação à taxa variável possuem uma quantidade destes dados aproximadamente quatro vezes menor, quando comparado com os dados de colheita, coletados pelo mesmo GPS (Tabela 29). Isto confere com a largura de trabalho menor na colheita de aproximadamente 4 vezes quando comparado com a aplicação à taxa variável realizada.

Tabela 29 - Quantidade de dados gerados pelo GPS para a geração dos mapas de altitude.

Área	Aplicação KCI	Aplicação SFT	Colheita
Coxilha	316	278	1.337
Rio	564	636	2.899
Koeche	1.408	1.352	-
Média de pontos por hectare	21,6		87,6

Conforme exposto na tabela 29, a quantidade de pontos coletados pela aplicação à taxa variável, é de 21,6 por hectare, enquanto que na colheita mecanizada esta quantidade é de 87,6 pontos coletados por hectare, o que confere uma relação de 4,05 vezes mais pontos coletados na operação de colheita.

Portanto, a tendência é que a coleta de dados de altitude a cada 500 m² é suficiente para a confecção destes mapas a serem utilizados como informação gerencial em agricultura de precisão.

Quando analisamos a figura 26, percebemos que o padrão dos mapas de altitude se repetem quando comparado com os mapas da área da Coxilha (Figura 25) e da área Koeche (Figura 27). Os mapas gerados a partir dos dados de altitude coletados durante a aplicação à taxa variável (mapas [a] e [b]) foram o que apresentaram a melhor representação da realidade. Se verificarmos a correlação existentes entre estes dois mapas (Tabela 30) este valor chega a 96,2%.

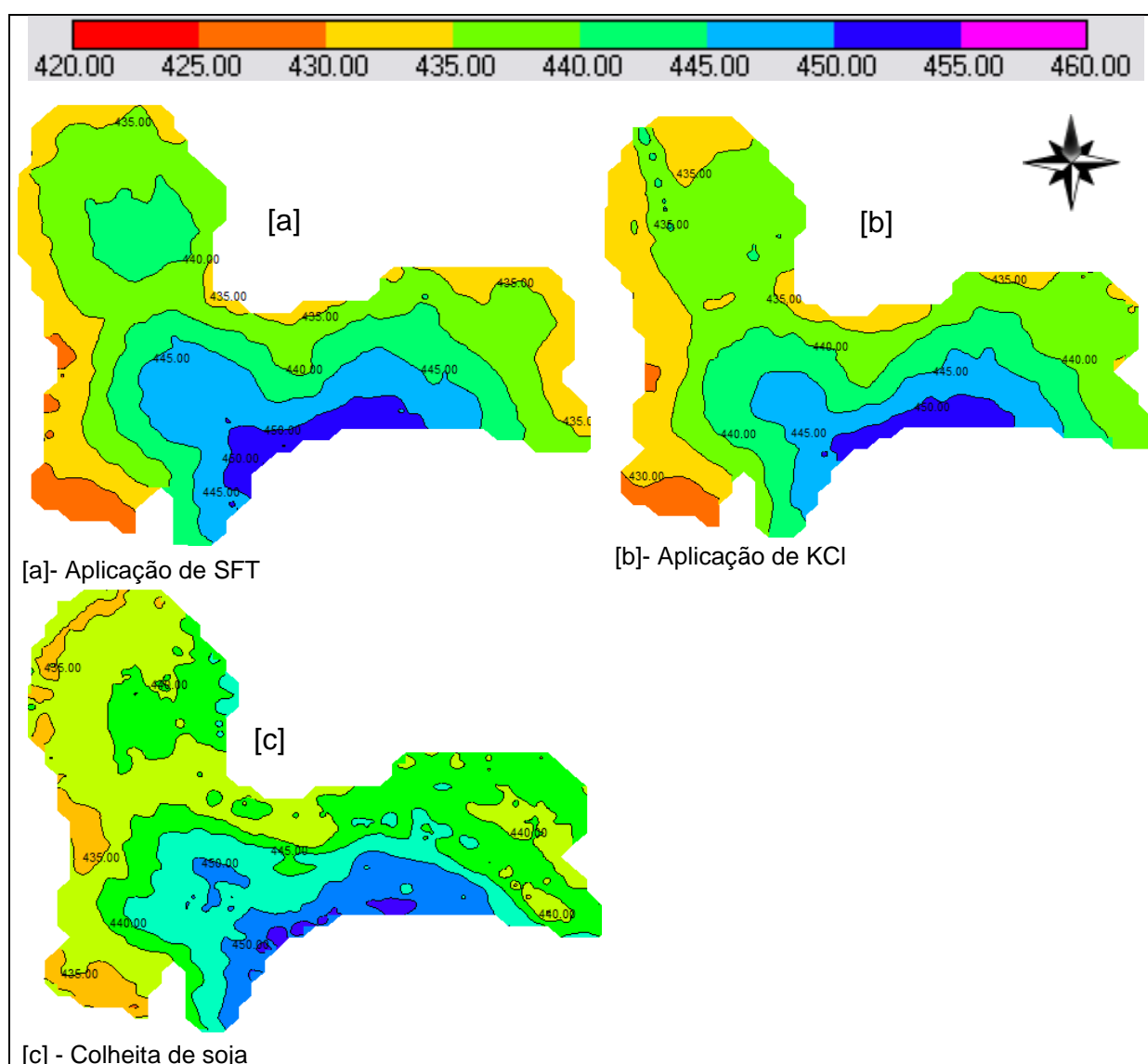


Figura 26 - Mapas de altitude da área do Rio de diferentes operações.

De forma semelhante, o mapa de altitude gerado a partir dos dados de colheita apresentou uma variação espacial na altitude muito elevada, em alguns pontos, o que não representa a realidade. A explicação para esta variação não real é

a quantidade de pontos coletados acima do ideal. Contudo, a correlação entre o mapa de altitude [c] e o mapa os mapas [a] e [b] é acima de 90%.

Tabela 30 - Correlação de altitude no talhão Rio

	Aplicação KCI	Aplicação SFT	Colheita
Aplicação KCI	1,00	0,962	0,905
Aplicação SFT	0,962	1,00	0,909
Colheita	0,905	0,909	1,00

É possível eliminar estas variações na altitude mostradas no mapa [c], para que ele fique mais próximo da realidade, apenas diminuindo o número de classes na sua escala. A figura 26, apresenta a escala de altitude que varia de 420 a 460 metros, distribuídas em 8 classes de 5 metros. Se modificasse esta escala para 4 classes de 10 metros o mapa não apresentaria estas variações na altitude, porém seu detalhamento seria menor. Isto não interferiria na análise de correlação, pois o modelo digital do terreno não seria modificado.

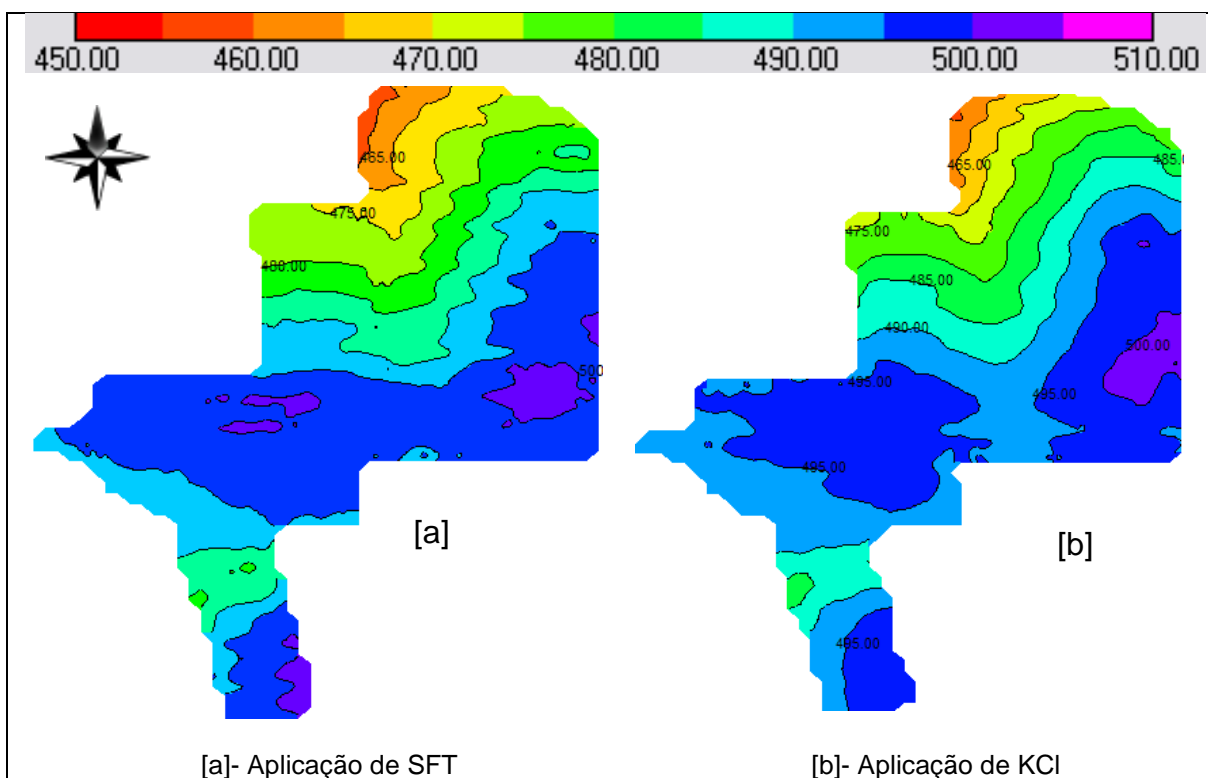


Figura 27 - Mapas de altitude da área Koeche obtido nas operações de aplicação à taxa variável.

Os mapas [a] e [b] da figura 27, nos mostra a altitude da área Koeche. De todas as áreas utilizadas no experimento, esta é que possui a maior variação da altitude, influenciando até na velocidade de operação (Figura 22, mapas [e] e [f]).

A altitude neste talhão variou 60 metros, indo de 450 a 510 metros. A maior variação da altitude se dá na parte norte do talhão, onde ocorreu a menor velocidade de operação na aplicação à taxa variável.

Estes mapas de altitude são muito semelhantes, o que é confirmado pela correlação de 98,5%, conforme exposto na tabela 31.

Tabela 31 - Correlação de altitude do talhão Koeche

	Aplicação de KCI	Aplicação de SFT
Aplicação de KCI	1,00	0,985
Aplicação de SFT	0,985	1,00

Analisando as três últimas figuras referentes aos mapas de altitude com dados obtidos através do receptor GPS de navegação, percebemos que estes mapas são bem representativos da variação da altitude do terreno, o que pode ser confirmado pelas análises de correlações existentes entre eles.

Através destes mapas de altitude podemos delimitar as zonas de manejo diferenciadas no talhão, para correlacionar com dados químicos e físicos do solo e operacionais. Pode-se também separar o talhão em áreas de encosta, várzeas e coxilhas, pois estas regiões apresentam características diferenciadas que devem ser levadas em conta na elaboração de mapas em agricultura de precisão. Também, podemos identificar com estes mapas áreas potenciais de erosão hídrica, devido a declividade do terreno e áreas com possibilidade de menor drenagem e deposição de materiais (em várzeas), bem como áreas de transição de tipos de solo. Todas estas informações poderão solucionar algumas incógnitas que estão surgindo na elaboração dos dados de solo e produtividade em agricultura de precisão.

5. CONCLUSÕES

Na aplicação à taxa variável de insumos com distribuidor centrífugo, quanto maior for a área do talhão ocorre uma tendência de diminuir o percentual de tempo gasto em manobras.

Os resultados obtidos de eficiência de trajeto foram muito semelhantes com os dados de eficiência de percurso, provando com isso ser possível utilizar esta metodologia para a determinação do percentual da distância percorrida pelo conjunto mecanizado que efetivamente estava em operação.

O modelo de trajeto que o operador da máquina define está diretamente ligado com a eficiência operacional, justificando com isso o planejamento da operação previamente.

Os mapas de altitude gerados a partir dos dados do receptor de sinal GPS de navegação, coletados em diferentes operações agrícolas, apresentaram correlações positivas entre eles, acima de 90%, podendo ser utilizado como informação gerencial em agricultura de precisão.

6. RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Elaborar uma tabela com dados médios de velocidade e eficiência operacional, com base em estudos realizados neste país, para servir de referência para realização de planejamento da mecanização.

Analisar a viabilidade econômica das máquinas e implementos equipados com tecnologia de agricultura de precisão. Comparar esta viabilidade com máquinas que não possuem esta tecnologia.

Analisar o custo financeiro das perdas de tempo devido a manutenção durante a operação agrícola de máquinas de grande capacidade operacional, com vistas a justificar a manutenção preventiva.

Verificar a acurácia dos dados de altimetria provenientes de receptores de sinal GPS, com e sem correção de sinal diferencial, para utilizar como informação para correlação com atributos de solo, produtividade e eficiência operacional em agricultura de precisão.

Determinar o “grid” de amostragem ótimo para coleta de coordenadas altimétricas para elaboração do mapa de altitude do talhão.

Analisar a viabilidade da utilização por tratores e colhedoras de receptores de sinal GPS, já embarcados nas fábricas destas máquinas, com interface com computadores de bordo para visualização instantânea e armazenagem de dados como velocidade, distância percorrida, velocidade média, entre outras informações gerenciais importantes.

Avaliar os mapas de rendimentos obtidos através das colhedoras para verificar a precisão dos sensores.

Desenvolver um software que faça a simulação das passadas de uma determinada operação num determinado talhão, objetivando o planejamento operacional, os pontos de descarga ou reabastecimento, a menor distância percorrida na operação, baseadas em mapas de altitude do terreno, com intuito de melhorar a eficiência operacional.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT; **Terminologia de Máquinas Agrícolas**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. São Paulo, 1970, 1p.

ASAE D497.4; **Agricultural Machinery Management Data**. Fevereiro de 2003.

ASAE EP496.2; **Agricultural Machinery Management**. Fevereiro de 2003.

BALASTREIRE, L.A. **Histórico, definições e conceitos básicos**. In: Balastreire, L.A. (ed.). Agricultura de precisão. Piracicaba: Balastreire, L.A., 1998. p.1-8.

BALASTREIRE, L.A. **Avaliação do desempenho de um sistema de georreferenciamento portátil de baixo custo para Agricultura de Precisão**. In: AVANÇOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO BRASIL NO PERÍODO DE 1999-2001, 2001, Piracicaba. Anais. Piracicaba: L.A. Balastreire, 2001. p.282-4.

BAIO, F.H.R., et al: **Estudo da exatidão de um GPS operando em duas taxas de aquisição de dados**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas, 1998. Anais. Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.347-9.

BLACKMORE, S. **Precision farming: an overview**. *Agricultural Engineering*, St. Joseph, p.86-8, 1994.

BLACKMORE, B.S. et al. **The role of precision farming in sustainable agriculture: a European perspective**. Minneapolis/USA, 1994. P.13. Disponível na Internet. - <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/cpf/papers/pfsusag2/pfsusag2.pdf> em 22 Jul. 1999.

CAMPO, P. do. **Agricultura de precisão. Inovações do campo**. Piracicaba. 2000a. Disponível em: http://www1.portaldocampo.com.br/inovacoes/agric_precisao.htm. Capturado em 06/05/2006.

CAPPELLI, N. L., **Sistema de informação ao operador do trator agrícola**. Dissertação de mestrado. UNICAMP Campinas/SP. 1990.

CASTRO, D.R.S. **Breve descrição do GPS.** Disponível em- <www.sistemasdearmas.hpg.ig.com.br/gpsdavi.htm>. Acesso em- fev. 2004.

CREMONINI, L. C. M.; **Acurácia de mapas altimétricos obtidos com DGPS na colheita de cereais.** Piracicaba, 2002. 61p

DALLMEYER, A. U.; **Motores da memória rural.** Revista Globo Rural, edição 203. Setembro de 2002.

DALLMEYER, A.U.; SCHLOSSER, J.F. **Mecanizacion para la agricultura de precisión.** In: BLU, R. O.; MOLINA, L. F. Agricultura de precisión - Introducción al manejo sitio-específico. Chillán-Chile - INIA, 1999. Cap.3, p.75-104.

DEERE & Company. **Measuring machine capacity.** In FMO - Fundamentals of Machine Operation- Machinery Management. Moline, Illinois. 1975. Chapter 2, 28p.

GIOTTO, E. **Manual de agricultura de precisão – CAMPEIRO.** Geomática/UFSM 2006.

GOERING, C.E.; HANS, S. **A field information system for SSCM.** In- INTERNATIONAL OFF-HIGHWAY & POWERPLANT CONGRESS & EXPOSITION, 1993, Milwaukee. Warrendale: SAE, 1993. 11 p. (SAE Technical Paper Series n. 932422).

HAN, S, et al. **Cell size for site-specific crop management.** Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.37, n.1, p.19-26, jan./fev. 1994.

HOLLANDS. K. R. **Relationship of Nitrogen end Topography.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE, 3. Minneapolis, 1996. Proceedings. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1996. p. 4-12.

HUNT, D. **Farm power and machinery management** - Iowa State University Press, 7th edition, 1983, 451p.

GENESIS, I. **A certificação vegetal e o instituto gênesis.** Disponível em: <http://www.institutogenesis.org.br/internas/certificacao/c_vegetal.asp>. Acesso em: 20 maio 2004.

KRAVCHENKO, A. L.; BULLOCK, D.G. **Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties.** Agronomy Journal, v.1, n.92, p.75-83, 2000.

KRAVCHENKO, A. L.; *et al* **Spatial variability of grain yield as function of topography and soil properties.** In: EUROPEAN CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE, 1999, 2., Odense 1999. Proceedings. London: Sheffield Academic Press, 1999. p.441-450.

KRAVCHENKO, A. L.; *et al* **Joint multifractal analysis of crop yield and terrain slope.** Agronomy Journal, v.4. n.3, p.1279-1290, 2000.

KRUMMEL, J.; SU, H. **Topographic Effect and its Relation to Crop Production.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE, 3. Minneapolis, 1996. Proceedings. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1996. p.651-662.

KUTCHER, H. R.; *et al.* **Impact of Topography and Management on Diseases of Canola and Wheat.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE, 4. Proceedings. Ontario, 1999. p.559-561.

LOPES, M. A. **Rastreabilidade na bovinocultura.** Lavras- FAEPE/PROEX, 2003. 70 p.

MANTOVANI, E.C. **Compactação do solo.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-55, 1987.

MANTOVANI, E. C. *et al.* **Automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos em campo.** Pesq. agropec. bras. , Brasília, v. 34, n. 7, 1999 . Disponível em: <<http://www.scielo.br/>> Acesso em: 07 Nov 2007.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

MISENER, G.G.; McLEOD, C.D.; **A model to facilitate farm machinery use and cost data collection.** Agricultural Systems, Nancy, v.24, p.149-157, 1987.

MOLIN, J. P. **Utilização de GPS em agricultura de precisão.** Engenharia Agrícola, v. 17, n. 3, p. 121-132, 1998.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão e seus poucos anos de história.** Revista Campo Aberto, pág 12 – 16. Edição de maio de 2004.

MOLIN, J. P. et al . **Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada.** Eng. Agríc. , Jaboticabal, v. 26, n. 3, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>> Acesso em: 07 Nov 2007.

MONTEIRO, A. **Revista Globo Rural.** Redação do Globo Rural, 2002. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/>> Capturado em 10/11/2007.

MORGAN, M. **The precision-farming guide for agriculturists.** Moline: Deere & Company, 1997. 116 p.

OLIVEIRA, M. D. M., **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota.** Piracicaba, 2000. 150p.

PALLET, D.; et al. **Um panorama da rastreabilidade dos produtos agropecuários do Brasil destinados à exportação: carnes, soja e frutas.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2003.

PENNOCH, D. J.; *et al.* **Yield Response of Wheat and Canola to a Topographically Based Variable Rate Fertilization Program in Saskatchewan** In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE, 5. Minneapolis, 1999. Proceedings. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1999. p.797-805.

PORTO, L. F. A; et al: **Desenvolvimento de um sistema de rastreabilidade aplicado à cadeia de produção do vinho.** Ciênc. agrotec. , Lavras, v. 31, n. 5, 2007 . Disponível em: <<http://www.scielo.br/>> . Acesso em: 10 Nov 2007.

RESENDE, E. H. S.; LOPES, M. A. **Identificação, certificação e rastreabilidade na cadeia da carne bovina e bubalina no Brasil.** Lavras: UFLA, 2004. 39 p. (Boletim agropecuário, 58).

SANTOS, A. O. et al . **Prospecção de zonas potenciais para manejo diferenciado em agricultura de precisão utilizando-se padrões de solo-planta-clima.** Rev.

bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 7, n. 3, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 19 Ago 2007.

SANTOS, M. J. N. **Gestão de recursos humanos: teorias e práticas**. Sociologias, Porto Alegre, n. 12, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/> >. Acesso em: 19 Ago 2007.

SCHAEFFER, E.; CAUGANT, M. **Traçabilité guide pratique pour l'agriculture e l'industrie alimentaire**. [S.l.]. ACTIA, 1998.

SCHLOSSER, J. F. et al . **Índice de mecanização de propriedades orizícolas no Rio Grande do Sul, Brasil**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 3, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 28 Out 2007.

SIGS, **Manual de treinamento SGIS 3.6** Tecnologia global (GTA) AGCO.

SILVEIRA, G. M.; et al. **Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. , Campina Grande, v. 10, n. 1, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 27 Ago 2007.

SILVEIRA, G. M.; et al . **Sistema de aquisição automática de dados para o gerenciamento de operações mecanizadas**. Bragantia, Campinas, v. 64, n. 2, 2005 . Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 07 Nov 2007.

SISBOV. **Sistema Integrado de Rastreabilidade Bovina**. Disponível em: http://www.sirb.com.br/pg_rastreabilidade.php>. Acesso em: 12 jun. 2002.

STABILE, M. C. C.; BALASTREIRE, L. A. **Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 26, n. 1, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 07 Nov 2007.

STRICKLAND, R.M.; et al. **Extracting machine performance information from site-specific grain yield data to enhance crop production management practices**. Net, Jul. 2001. 3p. 2001. Disponível em: <http://mollisol.agry.purdue.edu/>>. Acesso em: 15 abr. 2006.

SUDDUTH, K. A. *et al.* **Spatial Modelling of crop yield using soil and topographic data**. In: EUROPEAN CONFERENCE OF PRECISION

AGRICULTURE, 1. Warwick, 1997. Precision Agriculture 1997. Warwick: BIOS Cientific, 1999. p.439-447.

TAYLOR, R.K.; SCHROCK, M.D.; STAGGENBORG, S.A. **Extracting machinery management information from GPS data**. St. Joseph: ASAE, 2002. 9 p. (ASAE Paper, 021008).

TAYLOR, R. K., **Using GPS Technology to Evaluate Corn Planter Performance**. Annual International Meeting Sponsored by ASAE. Sacramento, California, USA, 2001.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. **Introdução à agricultura de precisão-conceitos e vantagens**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 32, n. 1, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 07 Nov 2007.

TULU, M.Y., et al. 1974. **Timeliness costs and available working days – shelled corn**. *Transactions of the ASAE* 17(5)- 798-800, 804.

UMEZU, C. K.; CAPPELLI, N. L. **Desenvolvimento e avaliação de um controlador eletrônico para equipamentos de aplicação de insumos**. Rev. bras. eng. agríc. Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 1, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 07 Nov 2007.

UMEZU, C. K. **Sistema de controle de um equipamento de formulação, dosagem e aplicação de fertilizantes sólidos a taxas variáveis**. Campinas-UNICAMP, 2003. 171p. Tese Doutorado.

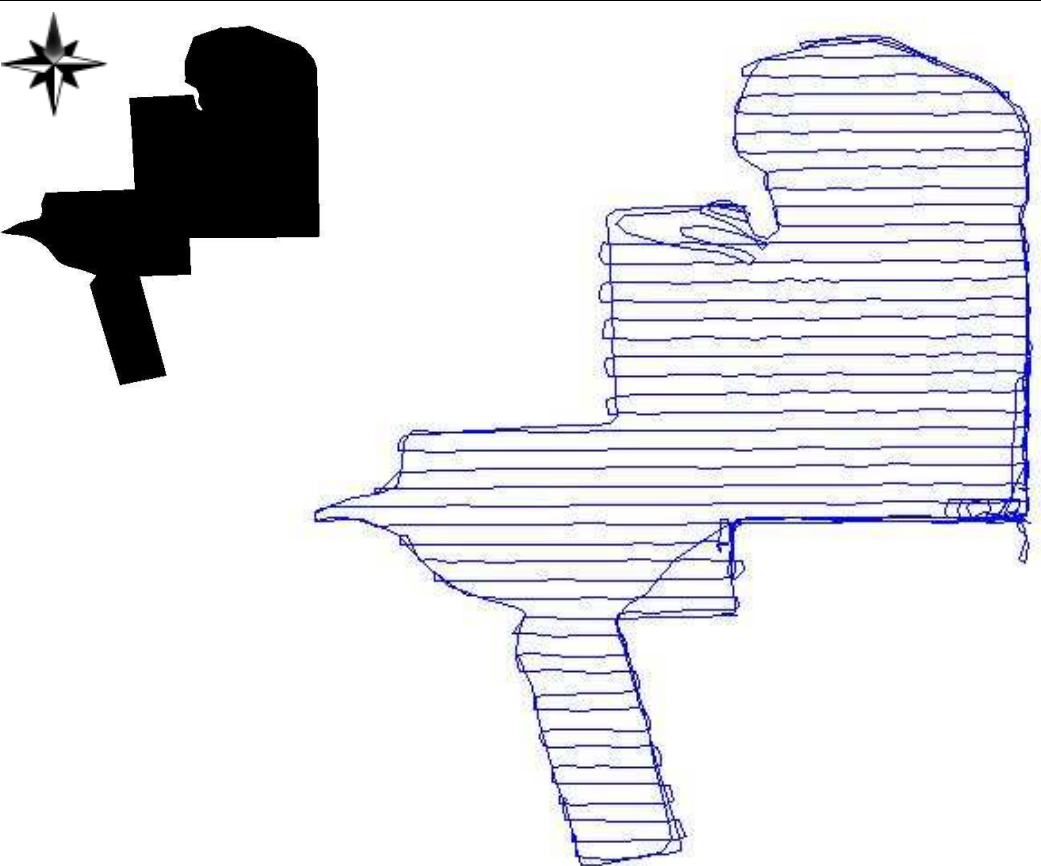
VERMA, A. K.; *et al.* **Using GIS and GPS for variable rate application (VRA) of agri-chemicals**. Orlando: ASAE, 1998. (ASAE paper, 983136).

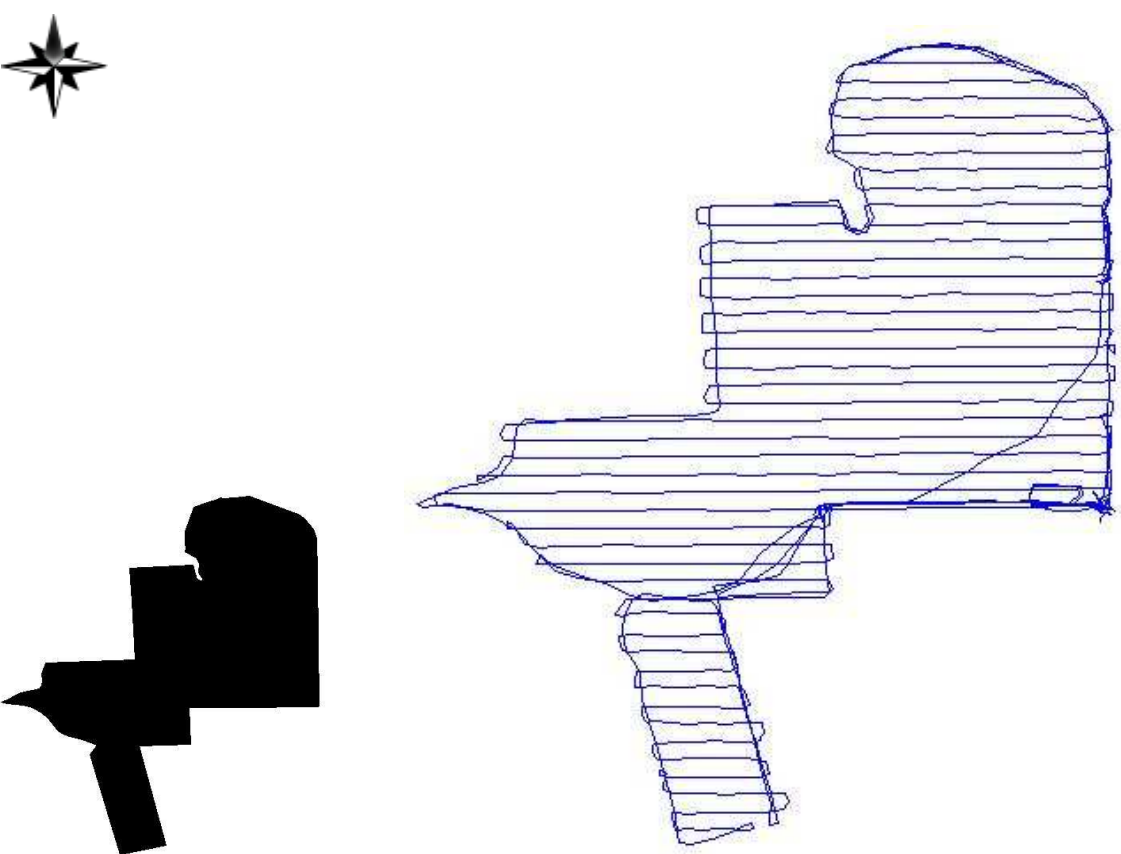
WITNEY, B. **Choosing and using farm machines**. Essex: Longman Scientific and Technical, 1998. 412 p.

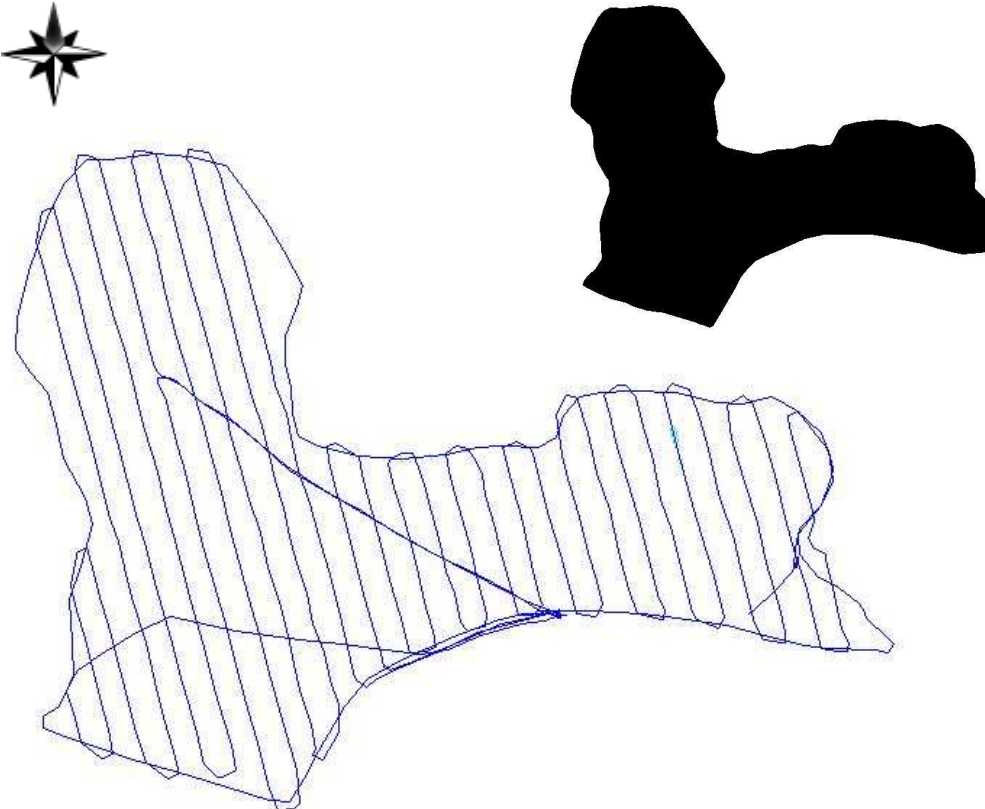
WITNEY, B. **Choosing and using farm Machines**. 1987

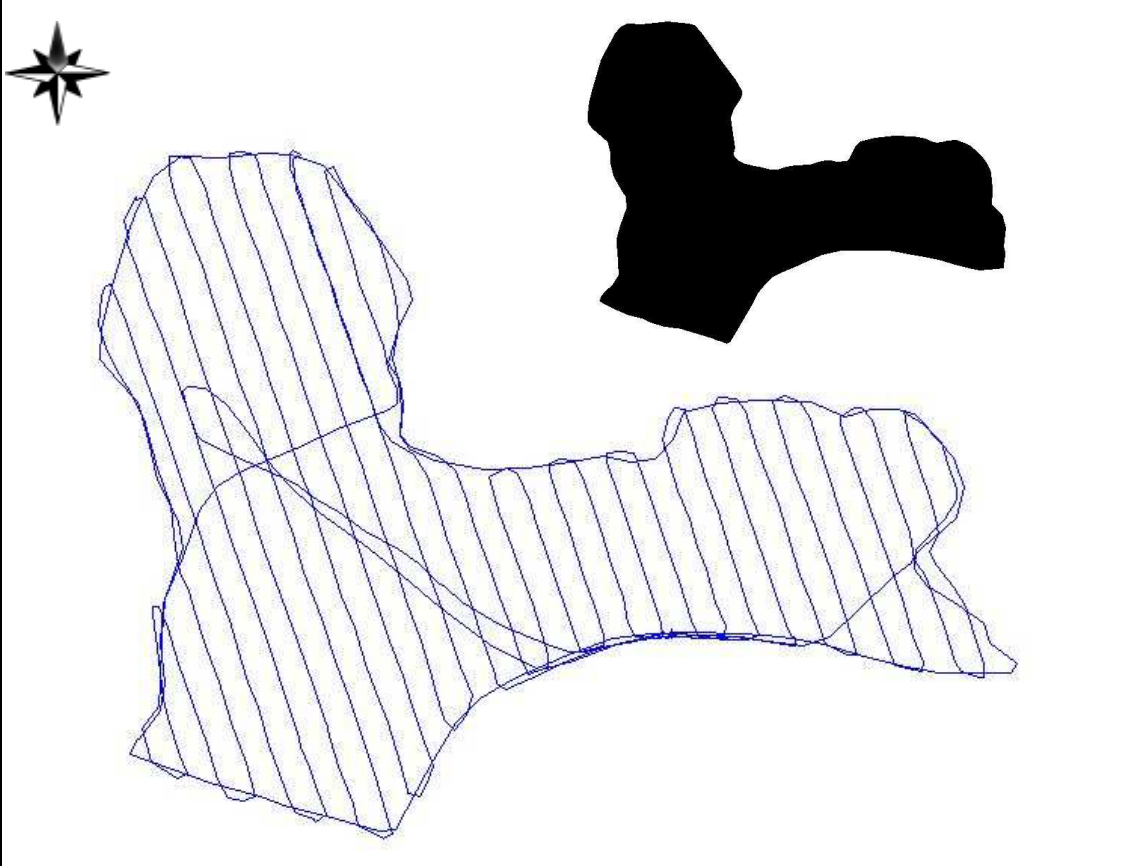
YANG, C.; *et al.* **Spatial variability of field topography and wheat yield in the Polouse region of the Pacific Northwest**. *Transactions of the ASAE*, v.41, n.1, p. 27-28, 1998.

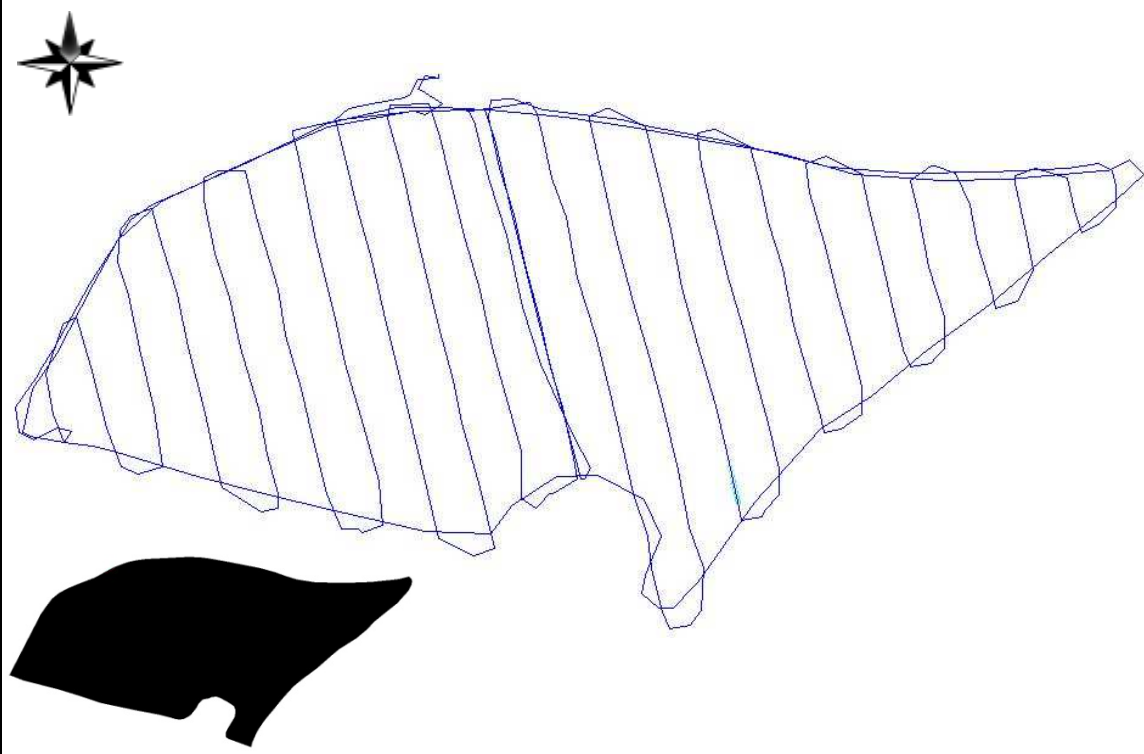
8. ANEXOS

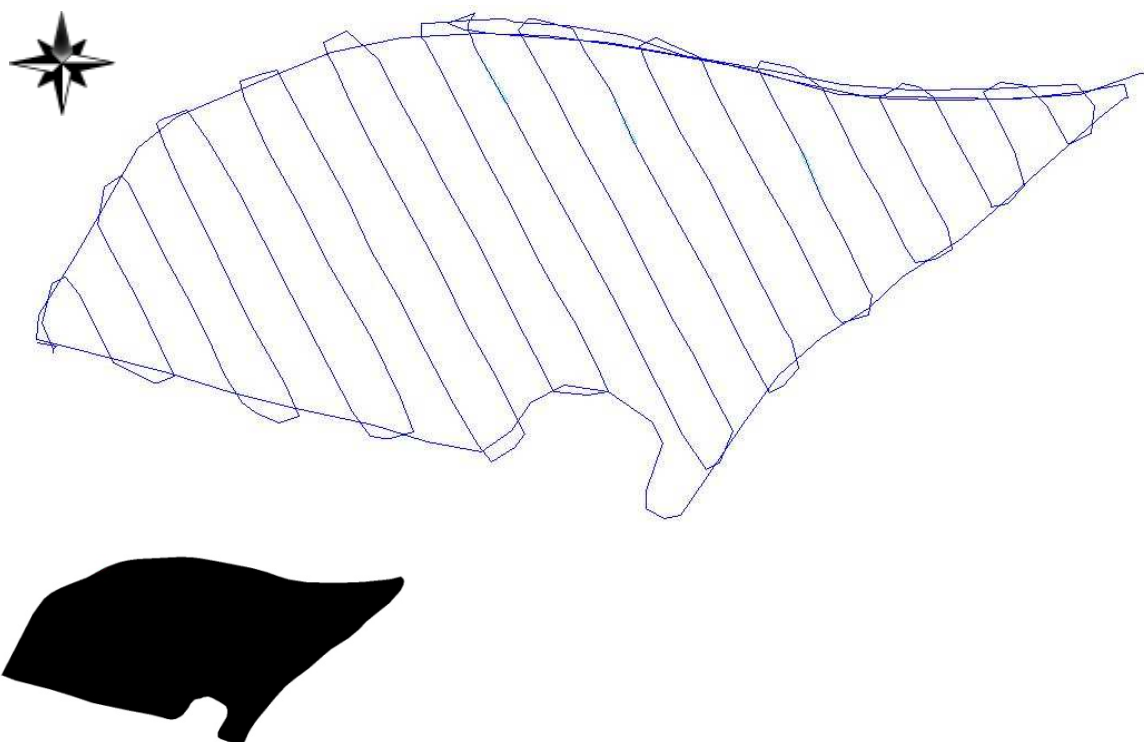
REGISTRO DE OPERAÇÃO MECANIZADA								
Operação	Aplicação de fertilizante à taxa variável					Data	13/10/2006	
Proprietário	Valdir Koeche	Área (ha)	50,62	Média das Coordenadas	Fuso	336379,089 6843113,656		
Conjunto Mecanizado	Trator MF 5310 e distribuidor centrífugo Amazone 1500			Média das Altitudes	490,242 m			
Insumo/ produto	Cloreto de potássio		Velocidade média (km.h ⁻¹)	8,79	Largura de trabalho (m)	27		
Dose aplicada (kg)	5200	Distância percorrida (km)	30,34	Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	23,70			
Início da operação	13h52min	Fim da operação	18h01min	Tempo total de operação	04h03min			
Reabastecimentos/ descargas	6	Tempo médio	7' 02"	Tempo total	42' 12"	17,36%		
Número de manobras	36	Tempo médio	15,54"	Tempo total	9' 32"	3,92%		
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	12,5	Eficiência operacional		52,7%				
<i>Visualização do contorno do talhão e do trajeto percorrido na operação</i>								
								

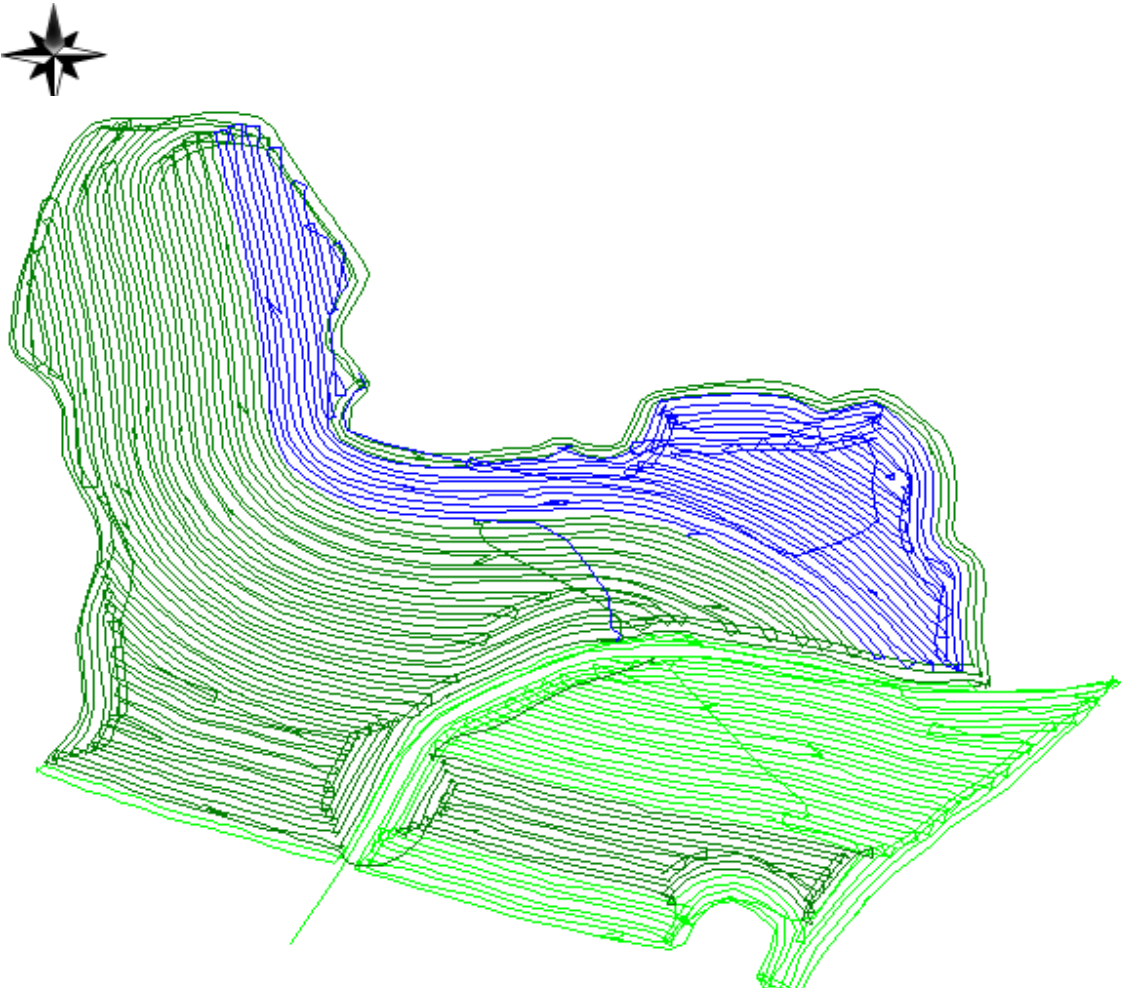
REGISTRO DE OPERAÇÃO MECANIZADA							
Operação	Aplicação de fertilizante à taxa variável				Data	14/10/2006	
Proprietário	Valdir Koeche	Área (ha)	50,62	Média das Coordenadas	Fuso	336379,089 6843113,656	
Conjunto Mecanizado	Trator MF 5310 e distribuidor centrífugo Amazone 1500			Média das Altitudes	490,242 m		
Insumo/ produto	Super fosfato triplo		Velocidade média (km.h ⁻¹)	8,30	Largura de trabalho (m)	27	
Dose aplicada (kg)	5200	Distância percorrida (km)	29,51	Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	22,40		
Início da operação	09h27min	Fim da operação	12h54min	Tempo total de operação	03h27min		
Reabastecimentos/ descargas	5	Tempo médio	5' 53"	Tempo total	29' 25"	14,21%	
Número de manobras	39	Tempo médio	13,43"	Tempo total	8' 55"	4,31%	
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	14,7	Eficiência operacional		65,6%			
<i>Visualização do contorno do talhão e do trajeto percorrido na operação</i>							
							

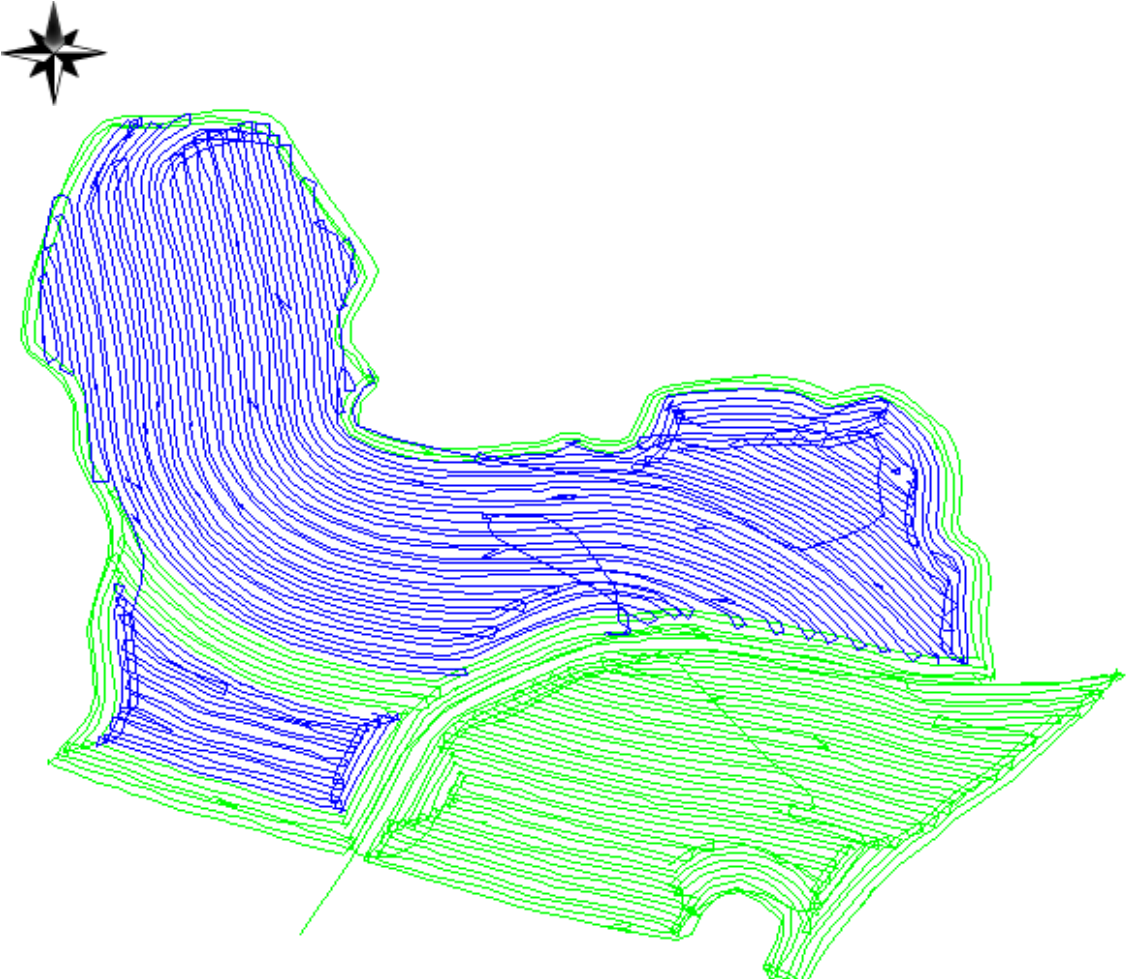
REGISTRO DE OPERAÇÃO MECANIZADA							
Operação	Aplicação de fertilizante à taxa variável				Data	22/11/2006	
Proprietário	Jairo Kohlrausch	Área (ha)	34,68	Média das Coordenadas	Fuso	338328.995 6852313.351	
Conjunto Mecanizado	Trator MF 5310 e distribuidor centrífugo Amazone 1500			Média das Altitudes	439,736 m		
Insumo/ produto	Cloreto de potássio		Velocidade média (km.h ⁻¹)	11,84	Largura de trabalho (m)	30	
Dose aplicada (kg)	4000	Distância percorrida (km)	16,81	Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	35,5		
Início da operação	13h20min	Fim da operação	15h01min	Tempo total de operação	01h41min		
Reabastecimentos/ descargas	4	Tempo médio	3' 25"	Tempo total	13' 40"	13,53%	
Número de manobras	27	Tempo médio	17,27"	Tempo total	7' 52"	7,79%	
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	20,6	Eficiência operacional		58,0%			
<i>Visualização do contorno do talhão e do trajeto percorrido na operação</i>							
							

REGISTRO DE OPERAÇÃO MECANIZADA							
Operação	Aplicação de fertilizante à taxa variável				Data	22/11/2006	
Proprietário	Jairo Kohlrausch	Área (ha)	34,68	Média das Coordenadas	Fuso	338328.995 6852313.351	
Conjunto Mecanizado	Trator MF 5310 e distribuidor centrífugo Amazone 1500			Média das Altitudes	439,736 m		
Insumo/ produto	Super fosfato triplo		Velocidade média (km.h ⁻¹)	11,36	Largura de trabalho (m)	30	
Dose aplicada (kg)	3550	Distância percorrida (km)	18,75	Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	34,10		
Início da operação	08h45min	Fim da operação	10h33min	Tempo total de operação	01h48min		
Reabastecimentos/ descargas	3	Tempo médio	4' 59"	Tempo total	14' 57"	13,84%	
Número de manobras	29	Tempo médio	17,15"	Tempo total	8' 20"	7,72%	
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	19,3	Eficiência operacional		56,6%			
<i>Visualização do contorno do talhão e do trajeto percorrido na operação</i>							
							

REGISTRO DE OPERAÇÃO MECANIZADA							
Operação	Aplicação de fertilizante à taxa variável				Data	22/11/2006	
Proprietário	Jairo Kohlrausch	Área (ha)	14,74	Média das Coordenadas	Fuso	338559,621 6852055,895	
Conjunto Mecanizado	Trator MF 5310 e distribuidor centrífugo Amazone 1500			Média das Altitudes	453,843 m		
Insumo/ produto	Cloreto de potássio		Velocidade média (km.h ⁻¹)	10,77	Largura de trabalho (m)	30	
Dose aplicada (kg)	2000	Distância percorrida (km)	8,31	Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	32,3		
Início da operação	11h46min	Fim da operação	12h32min	Tempo total de operação	00h46min		
Reabastecimentos/ descargas	2	Tempo médio	2' 30"	Tempo total	5' 00"	10,87%	
Número de manobras	21	Tempo médio	17,47"	Tempo total	6' 13"	13,51%	
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	19,2	Eficiência operacional	59,4%				
<i>Visualização do contorno do talhão e do trajeto percorrido na operação</i>							
							

REGISTRO DE OPERAÇÃO MECANIZADA							
Operação	Aplicação de fertilizante à taxa variável				Data	22/11/2006	
Proprietário	Jairo Kohlrausch	Área (ha)	14,74	Média das Coordenadas	Fuso	338559,621 6852055,895	
Conjunto Mecanizado	Trator MF 5310 e distribuidor centrífugo Amazone 1500			Média das Altitudes	453,843 m		
Insumo/ produto	Super fosfato triplo		Velocidade média (km.h ⁻¹)	11,26	Largura de trabalho (m)	30	
Dose aplicada (kg)	1500	Distância percorrida (km)	7,61	Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	33,8		
Início da operação	10h42min	Fim da operação	11h27min	Tempo total de operação	00h45min		
Reabastecimentos/ descargas	2	Tempo médio	6' 05"	Tempo total	12' 10"	27,03%	
Número de manobras	21	Tempo médio	15,26"	Tempo total	5' 25"	12,04%	
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	19,6	Eficiência operacional	58,0%				
<i>Visualização do contorno do talhão e do trajeto percorrido na operação</i>							
							

REGISTRO DE OPERAÇÃO MECANIZADA							
Operação	Colheita			Data	18 a 20/04/2007		
Proprietário	Jairo Kohlrausch	Área (ha)	50,62	Média das Coordenadas	Fuso	338380,995 6852250,722	
Conjunto Mecanizado	Colhedora combinada MF 34			Média das Altitudes	446,340 m		
Insumo/ produto	Soja		Velocidade média (km.h ⁻¹)	5,92	Largura de trabalho (m)	7,72	
Dose aplicada (kg)		Distância percorrida (km)	85,75	Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	4,57		
Início da operação	10h14min	Fim da operação	17h06min	Tempo total de operação	20h34min		
Reabastecimentos/ descargas	29	Tempo médio	3' 10"	Tempo total	01h31min	7,44%	
Número de manobras	197	Tempo médio	16"	Tempo total	53' 51"	4,36%	
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	2,47	Eficiência operacional	54,13%				
<i>Visualização do trajeto percorrido na operação durante os três dias (cada cor representa um dia – verde claro dia 18, verde escuro dia 19 e azul dia 20)</i>							
							

PREDIÇÃO DE OPERAÇÃO MECANIZADA							
Operação	Colheita			Data	18 e 19/04/2007		
Proprietário	Jairo Kohlrausch	Área (ha)	50,62	Média das Coordenadas	Fuso	338380,995 6852250,722	
Conjunto Mecanizado	Colhedora combinada MF 34			Média das Altitudes	446,340 m		
Insumo/ produto	Soja		Velocidade média (km.h ⁻¹)	5,92	Largura de trabalho (m)	7,72	
Dose aplicada (kg)		Distância percorrida (km)	85,75	Capacidade teórica (ha.h ⁻¹)	4,57		
Início da operação	10h22min	Fim da operação	18h49min	Tempo total de operação	16h55min		
Reabastecimentos/ descargas	29	Tempo médio	3' 10"	Tempo total	01h31min	9,05%	
Número de manobras	197	Tempo médio	16"	Tempo total	53' 51"	5,31%	
Capacidade operacional efetiva (ha.h ⁻¹)	3,00	Eficiência operacional	65,81%				
<i>Visualização do trajeto percorrido na operação durante os dois dias previstos (cada cor representa um dia – verde claro dia 18, azul dia 19)</i>							
							

Anexo 9 - Tempo de descargas e de operação da área da
Coxilha.

(Com exclusão do tempo de manutenção).

Nº.	Descarga		Total	Operação
	Início	Fim		
Dia 18/04/2007				
	Início	11:15		0:19:18
1	11:34:18	11:36:46	0:02:28	0:27:08
2	12:03:54	12:05:01	0:01:07	
3	16:06:28	16:08:46	0:02:18	0:32:14
4	16:41:00	16:42:54	0:01:54	0:14:07
5	16:57:01	16:59:42	0:02:41	0:14:34
6	17:14:16	17:16:53	0:02:37	0:13:57
7	17:30:50	17:33:37	0:02:47	0:12:47
8	17:46:24	17:48:32	0:02:08	0:27:47
9	18:16:19	18:18:58	0:02:39	
Dia 19/04/2007				
	Início	10:03		0:16:53
10	10:19:53	10:21:24	0:01:31	0:15:17
11	10:36:41	10:39:15	0:02:34	0:14:30
12	10:53:45	10:56:50	0:03:05	0:03:11
13	11:00:01	11:01:00	0:00:59	
Mínimo			0:00:59	0:03:11
Média			0:02:08	0:17:39
Máximo			0:03:05	0:32:14

Anexo 10 – Tempos de descargas e de operação da área da Coxilha.

Nº.	Descarga		Total	Operação
	Início	Fim		
Dia 18/04/2007				
	Início	11:15		0:19:18
1	11:34:18	11:36:46	0:02:28	0:27:08
2	12:03:54	12:05:01	0:01:07	4:01:27
3	16:06:28	16:08:46	0:02:18	0:32:14
4	16:41:00	16:42:54	0:01:54	0:14:07
5	16:57:01	16:59:42	0:02:41	0:14:34
6	17:14:16	17:16:53	0:02:37	0:13:57
7	17:30:50	17:33:37	0:02:47	0:12:47
8	17:46:24	17:48:32	0:02:08	0:27:47
9	18:16:19	18:18:58	0:02:39	
Dia 19/04/2007				
	Início	10:03		0:16:53
10	10:19:53	10:21:24	0:01:31	0:15:17
11	10:36:41	10:39:15	0:02:34	0:14:30
12	10:53:45	10:56:50	0:03:05	0:03:11
13	11:00:01	11:01:00	0:00:59	
Mínimo			0:00:59	0:03:11
Média			0:02:08	0:34:52
Máximo			0:03:05	4:01:27

Anexo 11: Tempos de descargas e de operação da área do Rio.

Nº.	Descarga		Total	Operação
	Início	Fim		
Dia 19/04/2007				
	Início	10:38		0:27:21
1	11:05:21	11:19:15	0:13:54	0:25:47
2	11:45:02	11:47:40	0:02:38	0:35:05
3	12:22:45	12:24:51	0:02:06	0:26:53
4	12:51:44	12:54:10	0:02:26	0:31:50
5	13:26:00	13:29:46	0:03:46	0:16:01
6	13:45:47	13:48:41	0:02:54	0:16:02
7	14:04:43	14:07:52	0:03:09	0:16:55
8	14:24:47	14:27:45	0:02:58	0:15:30
9	14:43:15	14:45:58	0:02:43	0:20:03
10	15:06:01	15:08:12	0:02:11	0:14:33
11	15:22:45	15:24:31	0:01:46	0:13:16
12	15:37:47	15:43:43	0:05:56	0:12:26
13	15:56:09	15:59:01	0:02:52	0:13:57
14	16:12:58	16:16:48	0:03:50	0:13:02
15	16:29:50	16:32:11	0:02:21	0:14:11
16	16:46:22	16:48:25	0:02:03	0:30:55
17	17:19:20	17:21:50	0:02:30	0:29:25
18	17:51:15	17:53:55	0:02:40	0:15:25
19	18:09:20	18:11:51	0:02:31	0:15:24
20	18:27:15	18:29:50	0:02:35	
Dia 20/04/2007				
	Início	09:58		0:17:03
21	10:15:03	10:18:02	0:02:59	0:14:30
22	10:32:32	10:35:50	0:03:18	0:13:13
23	10:49:03	10:51:39	0:02:36	0:13:53
24	11:05:32	11:08:49	0:03:17	0:12:56
25	11:21:45	11:24:00	0:02:15	0:18:08
26	11:42:08	11:45:22	0:03:14	0:14:23
27	11:59:45	12:02:02	0:02:17	0:41:43
28	12:43:45	12:45:50	0:02:05	0:15:41
29	13:01:31	13:33:28	0:31:57	0:47:36
30	14:21:04	14:23:15	0:02:11	
Mínimo			0:01:46	0:12:26
Média			0:03:10	0:20:26
Máximo			0:31:57	0:47:36