

ESTUDO DA VELOCIDADE DO TRATOR EM OPERAÇÕES DE CULTIVO DE CAFÉ

Gastão Moraes da Silveira¹, Afonso Peche Filho², Moises Storino³.

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo estudar a qualidade e a variação espacial da velocidade nas operações de controle de ervas daninhas com roçadora, e adubação na cultura de café. Estuda-se também a aplicabilidade de um sistema automático de aquisição de dados na gestão de informações operacionais relacionadas com o desempenho do trator. O sistema foi concebido para determinar a posição do conjunto trator-implemento através de sistema de posicionamento global (GPS), juntamente com aquisição de dados de velocidade de deslocamento. Concluiu-se que a frequência de aquisição dos dados do equipamento permitiu estudar o comportamento da qualidade do trabalho e da velocidade do trator durante o período de trabalho. Não ocorreram grandes variações de velocidade nas diversas operações. O sistema utilizado foi eficiente, demonstrando sua aplicabilidade como ferramenta de automação na gestão administrativa em operações mecanizadas na cultura de café.

Palavras – chave: automação, distribuição espacial, carta de controle, carta de amplitude.

STUDY OF TRACTOR VELOCITY VARIATIONS IN COFFEE CULTIVATION.

ABSTRACT

The quality of weeding and fertilizing operations was determined in a coffee plantation. A mower and a fertilizer distributor were mounted on a tractor equipped with an automatic data acquisition system. A global position system (GPS) was used to determine the location of the machinery in the field and to calculate the forward velocity. Spatial velocity variations for both cultivating operations were small. The data acquisition frequency was adequate and permitted analysis of the work quality. The automatic data acquisition system was efficient, showing its applicability as an automation tool for mechanized field operations management.

Keywords: automation, spatial distribution, control chart, amplitude chart, and variation chart.

Recebido para publicação em 27/07/2007. Aprovado em 27/02/2009

1 Pesquisador Científico VI, Centro de Engenharia e Automação, IAC/SAA, Rod.D. Gabriel PB Couto, Km 65 CP26. CEP 13201-970, Jundiaí – SP, Brasil Fone: (11) 4582-8155, E- mail: silveira@iac.sp.gov.br

2 Pesquisador Científico VI, Centro de Engenharia e Automação, IAC/SAA. E - mail: peche@iac.sp.gov.br

3 Pesquisador Científico III, Centro de Engenharia e Automação, IAC/SAA. E – mail: storino@iac.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

O uso de roçadoras e adubadoras na cafeicultura brasileira é uma prática muito comum, conforme recomendam Thomaziello et al. (1997). Esses autores afirmam que na “época das águas” o mato deve ser mantido cobrindo o solo do cafezal e controlado por meio de capinas mecânicas com roçadoras e adubação com o uso de adubadoras.

Silveira et al. (2001), baseado no trabalho de Mazzetto (1996), realizou ensaios estáticos estudando a identificação do trator no campo, determinando velocidade de deslocamento, consumo de combustível, e rotação do motor. Storino et al. (2000) estudaram o desempenho do trator como indicador do estado físico do solo em agricultura de precisão. Determinaram os principais parâmetros operacionais como rotação do motor, consumo de combustível, e velocidade de deslocamento, bem como a sua localização no campo, usando “Global Posicional Systems” (GPS).

Yule et al. (1999) fizeram o mapeamento do desempenho de um trator no campo usando GPS. Determinaram a força de tração do implemento, consumo de combustível e declividade do terreno, caracterizando também os custos operacionais. Todos os dados eram processados e informados ao operador em tempo real, através de um mostrador. Mazzetto & Landonio (1999) desenvolveram um sistema que caracteriza a posição do trator no campo usando GPS determinando, também, a velocidade de deslocamento, consumo de combustível, rotação do motor e operador. Os dados processados são armazenados no trator e transferidos a um computador central através do uso de cartão usado para o armazenamento de dados.

A adoção de sistemas de gestão e suas técnicas propiciam o aumento da competitividade na área agrícola, permitindo uma melhoria na qualidade e a redução de custos. O controle de qualidade que visa a manutenção do desempenho dos processos

é uma técnica aplicada há tempo na indústria e serviços e deverá ser adotada na agricultura em curto prazo (Milan 1998).

Lino et al. (1999), avaliaram a fragmentação do material vegetal produzido por uma roçadora. A área foi caracterizada pela metodologia proposta por Peche Filho et al. (1994), e observaram uma grande variação da distribuição da fitomassa. Concluíram que a qualidade da operação, quanto ao quesito tamanho, foi satisfatória e que a variação da fitomassa na área não afetou o desempenho da roçadora.

De acordo com Grisso et al. (2000), a incorporação de um receptor de GPS conectado a um monitor e os dados sendo georeferenciados, podem também ter um papel importante na operação e gerenciamento das máquinas agrícolas. Os dados obtidos durante a colheita fornecem informações que dizem respeito às características operacionais da colhedora como: velocidade, modelos de trafego, produtividade e tempo de descarga, assim como influências do relevo e características do operador sobre a capacidade de campo da colhedora.

Molin (2005) realizou um estudo de análise de tempos e movimentos das colhedoras no campo, a partir de dados de posicionamento associado a tempo. Confeccionou mapas com diferentes velocidades de operação de uma colhedora. A investigação das causas que influenciaram a variação espacial das velocidades de operação da colhedora pode resultar na descoberta de fatores que influenciam a pontualmente no talhão, o desempenho da colhedora, e da colheita como um todo. Este procedimento permite, em determinados casos, a adoção de medidas visando melhorar o desempenho da operação.

O objetivo deste trabalho é estudar o controle de qualidade, e a variação espacial analisando a velocidade de um trator operando no corte mecânico de ervas daninhas com roçadoras e adubação na cultura de café, bem como, a aplicabilidade de um sistema automático de aquisição de dados, desenvolvido por Silveira et. al. (2005), usado na

análise do desempenho destas operações.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta dos dados de desempenho foi realizada com um sistema automático de aquisição de dados desenvolvido por Silveira et al. (2005); instalado em um trator Massey Ferguson, modelo 65 – X, motor marca Perkins, 4 cilindros com potência de 48 kW a 2.200 rpm, seis marchas à frente, sendo as três primeiras reduzidas e as três últimas simples. O sistema usa método de identificação baseado em receptor de GPS e possui um microprocessador de bordo que coleta os dados da operação do trator. O sistema de aquisição de dados é formado por uma unidade de aquisição de dados (UA), medidor de consumo de combustível, medidor de rotação do motor e receptor GPS. A unidade de Aquisição de Dados (UA), para a qual convergem todos os dados levantados, tem a função de monitorar o fluxo de dados dos sensores periféricos (relativos ao receptor de GPS, consumo de combustível e rotação do motor), filtrar os dados antes de serem armazenados na memória de bordo e associar a informação à data e à hora de obtenção através de um relógio completo com calendário.

A UA faz a leitura de 4 sensores tipo Ligado/ Desligado, leitura de consumo de combustível, acionamento de 4 atuadores, um LED para indicação do funcionamento do sistema e outro para indicação da aquisição dos dados do GPS, chave de comando de início e término da operação. Registra também a posição (latitude e longitude), velocidade de deslocamento, e funcionamento dos sensores.

Um receptor de GPS, marca Ashtec Magellan modelo G 8, sem correção diferencial, tem uma antena receptora, posicionada na parte posterior do trator, num suporte especial que determina a posição do trator em coordenadas geográficas (latitude, longitude, altitude e o tempo). O sistema permite modificar o intervalo de obtenção dos dados do GPS, a cada 1,5,10,30 ou 60 segundos de acordo com as necessidades específicas. Neste caso, a taxa de aquisição é de 10 segundos. A acurácia do GPS é de 10 metros dados pelo Valor Médio Quadrático. O equipamento foi aferido comparando os dados de latitude e longitude com um marco de coordenadas conhecidas, existente na propriedade.

Para coletar, organizar e tratar os dados de campo foi utilizado um sistema com três módulos. O módulo de comunicação permite fazer a leitura dos dados da UA através de um

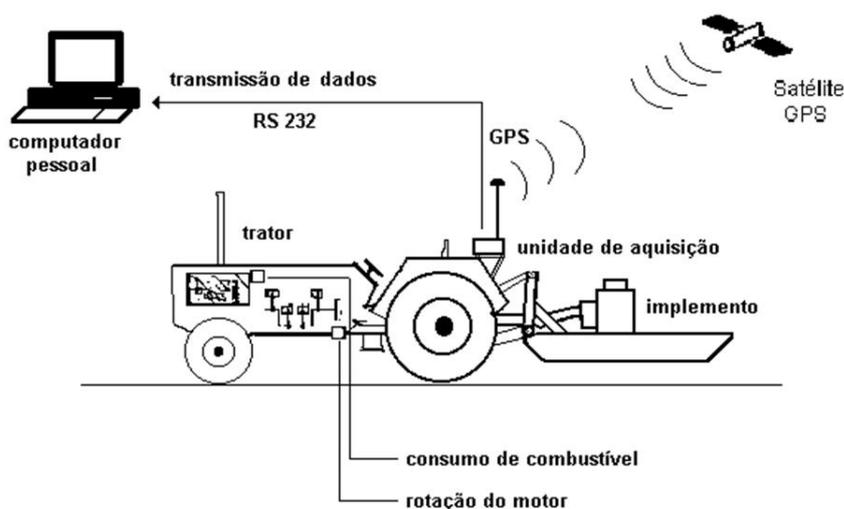


Figura 1. Diagrama Geral do sistema automático de aquisição de dados

computador portátil (Toshiba 4010), apresentando a tela de cadastro e a tela principal com as funções de conectar; carregar dados, alterar frequência e desconectar, e recuperar os dados da unidade de aquisição via cabo por meio do protocolo serial RS232.

O módulo administração do banco de dados organiza os registros das diferentes operações e filtra os dados, exporta para planilha eletrônica, imprime relatório geral, exibe mapa, carrega pontos, e imprime mapa.

O terceiro módulo chamado Geodata, permite a conversão de dados para que estes possam ser manipulados em planilhas de cálculo e sistemas de informação geográfica.

Os dados de velocidade obtidos em campo foram processados: utilizou-se o método da estatística descritiva buscando as medidas de tendência central e da ocorrência de variabilidade. Também se empregou a metodologia estatística recomendada para análise de controle de qualidade. Assim, foram obtidas as cartas de controle por amplitude e suas variáveis. Por último, foram processados com base nos métodos utilizados em geo-estatística, com a finalidade de verificar a ocorrência de dependência espacial, para fins de uso ou não da interpolação, na geração de mapas representativos da ocorrência de dados no campo.

Com relação ao controle de qualidade, no processamento dos dados empregou-se o Programa MS-Excel e o suplemento WinStat para Excel que confeccionou as Cartas de Controle. Para a análise geo-estatística utilizou-se o SIG IDRISI 32, planilha de cálculo Excel e algoritmo para a transformação das coordenadas geodésicas em coordenadas UTM. Na unidade de aquisição o tempo é armazenado no formato UTC (Universal Time Coordinated), em horas, minutos e segundos de acordo com Greenwich. A partir da informação da diferença de tempo foi possível calcular a velocidade de deslocamento entre os pontos utilizando a equação

$$V = L/T \quad (1)$$

em que

V – velocidade de deslocamento, m s⁻¹;

L – distância percorrida entre dois pontos, m;

T – diferença de tempo entre os pontos.

Assim, construiu-se um banco de dados codificados espacialmente. Posteriormente, por meio de vetorização e interpolação dos dados segundo as classes de velocidade de deslocamento, deu origem ao mapa temático mostrando a distribuição espacial das velocidades.

Os trabalhos de campo foram realizados no Centro de Café do IAC, em Campinas, SP, usando-se para o cultivo e adubação do cafezal implementos acoplados ao sistema hidráulico de levante por três pontos do trator, roçadora marca Baldan, modelo RP 1700 na ida e na volta com largura de corte de 1,60 m com duas passadas por rua, sendo que o trator, dependendo do estado de desenvolvimento da vegetação, trabalhou em segunda ou terceira marcha reduzida. Distribuidora de fertilizante a lanço, marca Kamaq, modelo Gemini 500, capacidade de 500 kg de produto, fazendo adubação bilateral com uma passada por rua de café. Usou-se a fórmula N-P-K, 20-5-20 aplicando-se 200 g por pé. O trator trabalhou em primeira marcha simples. Café variedade mundo novo (*Coffea arábica*, L.), espaçamento 3,70 x 1,00 m lote com 3020 covas numa área plantada de 11.174 m², latossolo roxo praticamente plano

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta os dados das medidas de tendência central (média, moda e mediana) sendo bem próximos indicam uma concentração entorno da média. Os destaques são os valores altos de curtose e assimetria mostrando que apesar da média, mediana e moda serem próximos não ocorre possibilidade dos dados terem variabilidade normal, existindo uma alta concentração ao redor da média, o que pode ser visto na Figura 2 que representa a distribuição de frequência desses mesmos dados.

Quadro1. Parâmetros para análise estatística descritiva dos dados de velocidade da roçadora

<u>VELOCIDADE</u>	<u>Km h⁻¹</u>
Média	4,89
Erro padrão	0,09
Mediana	5,00
Moda	5,00
Desvio padrão	0,93
Variância da amostra	0,86
Curtose	31,86
Assimetria	4,34
Intervalo	9,00
Mínimo	3,00
Máximo	12,00
Soma	566,88
Contagem	116
<u>Nível de confiança (95.0%)</u>	<u>0,17</u>

A velocidade média de 4,89 Km.h⁻¹ na operação da roçadora está de acordo com os dados citados por Leite (1972), estando abaixo dos preconizados por Smith (1965), Hunt (1974), Asae (1996) e Cross (1998).

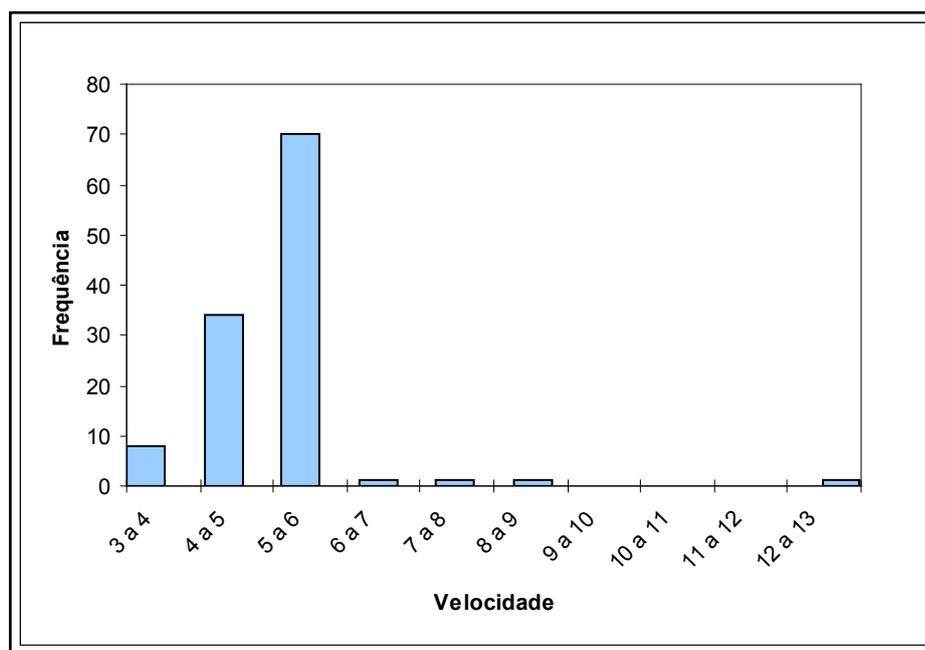


Figura 2. Distribuição de frequência dos dados de velocidade da roçadora

em Km h⁻¹

A Figura 2 mostra a carta de controle por média para os dados de velocidade, sendo que os valores confirmam a distribuição concentrada em torno da média, aparecendo um ponto com variação de causa especial, pois está acima do limite superior de controle, e uma forte tendência de queda no

final do percurso, por estar abaixo da linha média. Segundo Milan (2004), a carta de controle mostra se os resultados são reflexos do processo, fugindo ao controle dos operadores. Se os resultados forem devidos a causas especiais, os operadores têm condições de corrigir.

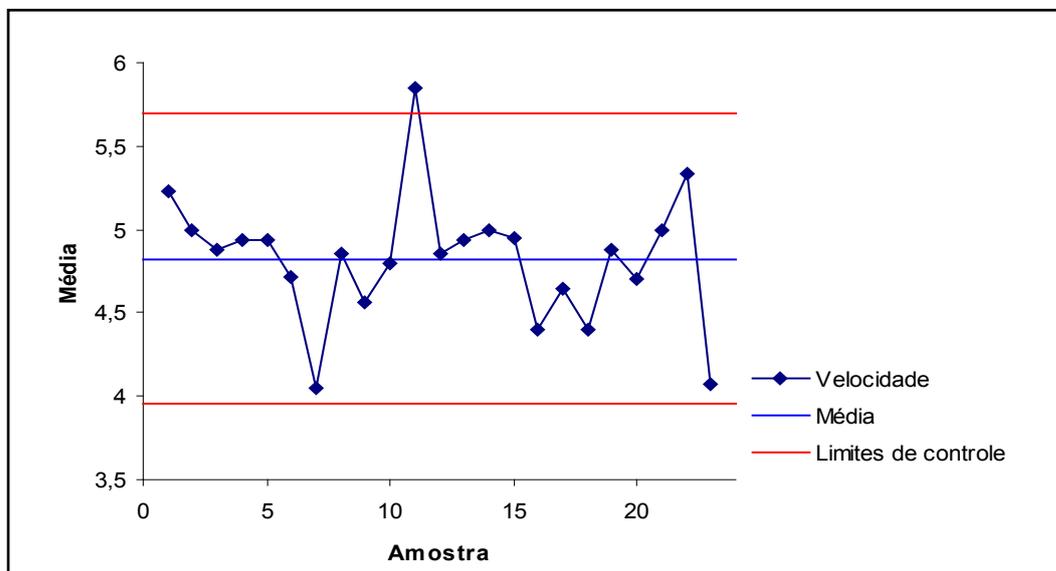


Figura 3. Carta de controle por média para dados de velocidade da roçadora em Km h⁻¹.

A carta de controle de amplitude para os dados de velocidade da Figura 3 mostra dois pontos com variação de causa especial. Segundo Milan (2004), causas especiais são consideradas ocasionais e não fazem parte da variação normal do processo.

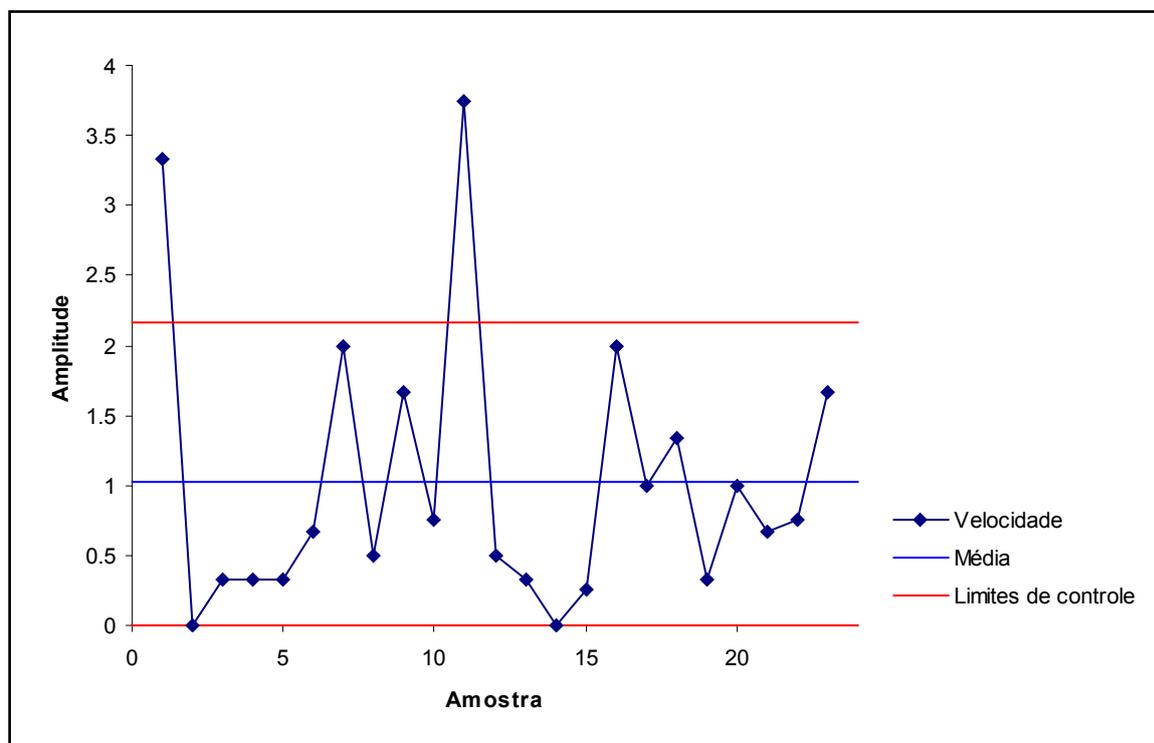


Figura 4. Carta de controle de amplitude para os dados de velocidade de deslocamento da roçadora.

A análise estatística descritiva e as cartas de controle por média e de amplitude mostram que não ocorreram grandes variações da velocidade no uso da roçadora, estando concentrada ao redor da média.

O Quadro 2 apresenta grande proximidade das medidas de tendência central (média, moda e

mediana), indicando uma concentração dos dados ao redor da média. O destaque são os valores médios de curtose e assimetria, mostrando que apesar da média, mediana e moda serem próximos não ocorre possibilidade dos dados terem variabilidade normal, existindo uma alta concentração ao redor da média.

Quadro 2. Parâmetros para análise estatística descritiva dos dados de velocidade da adubadora.

<i>VELOCIDADE</i>	<i>km h⁻¹</i>
Média	5,04
Erro padrão	0,25
Mediana	4,67
Modo	5,00
Desvio padrão	1,85
Variância da amostra	3,42
Curtose	6,50
Assimetria	2,67
Intervalo	8,33
Mínimo	3,00
Máximo	11,33
Soma	272,01
Contagem	54
<u>Nível de confiança (95.0%)</u>	<u>0,50</u>

A velocidade de 5,04 Km h⁻¹ no trabalho da adubadora está de acordo com os dados citados por Leite (1972), Franz & Folle (1990), e Mantovani (1987). Entretanto se situa abaixo dos dados de Hunt (1974), Asae (1996) e Cross (1998).

Na Figura 5, pode-se observar a concentração dos dados de velocidade ao redor da classe de 4 a 5 Km h⁻¹ mostrando a uniformidade operacional ocorrida.

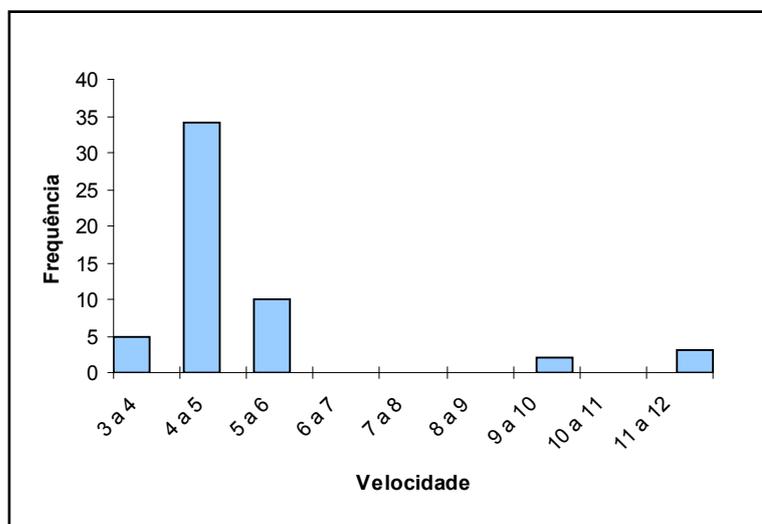


Figura 5. Distribuição de freqüência da velocidade da adubadora.

A Figura 6 mostra a carta de controle por média para os dados de velocidade, sendo que no início e no final aparece um ponto especial. Na parte intermediária os dados tem uma distribuição concentrada abaixo da linha média.

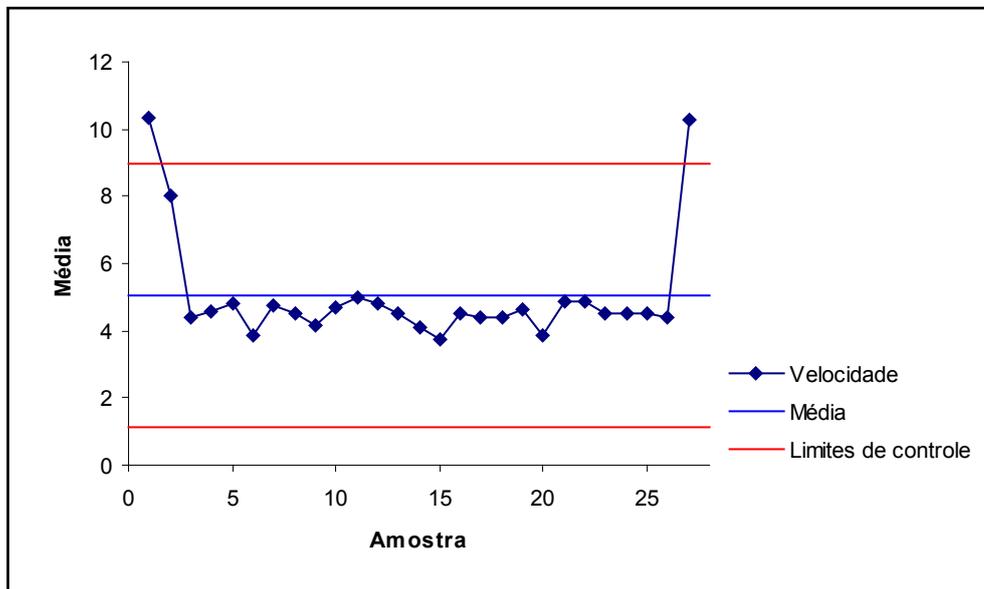


Figura 6 Carta de controle por média para dados de velocidade.

A carta de amplitude da Figura 6 mostra no início, um segundo ponto com variação de causa especial acima do limite de controle superior, sendo que posteriormente apresenta uma uniformidade variando ao longo da média durante o percurso.

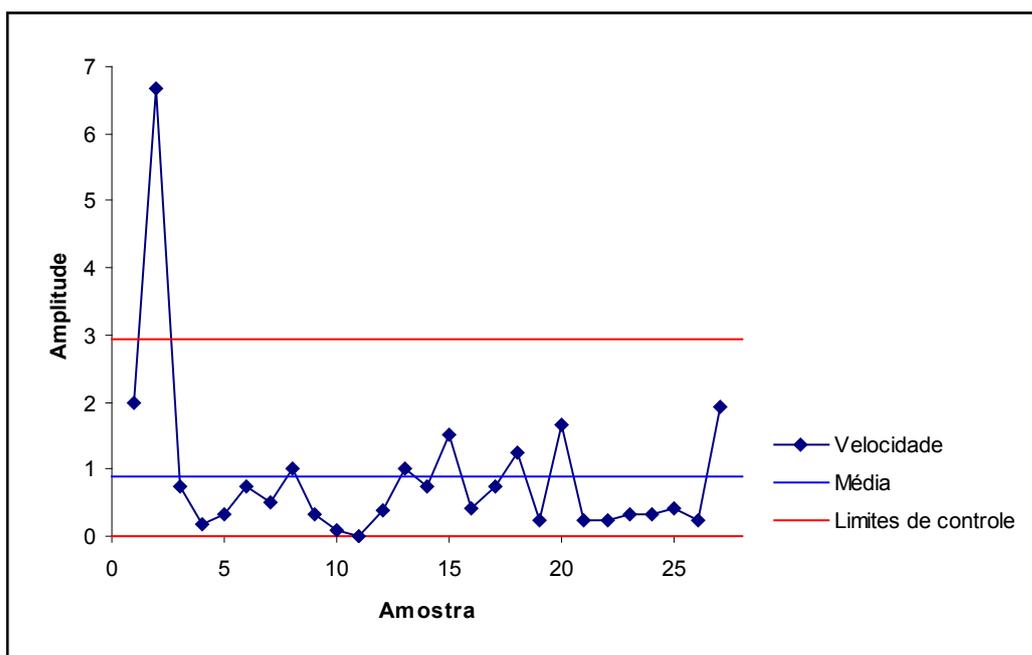


Figura 6. Carta de controle de amplitude para os dados de velocidade.

Para o caso da adubadora, a análise estatística descritiva e as cartas de controle por média e de amplitude, mostram que ocorreu uma uniformidade operacional, sendo que a velocidade está concentrada abaixo da linha média.

A Figura 7 mostra a distribuição espacial

dos valores de velocidade para roçadora e adubadora.

Com relação ao controle de ervas daninhas com roçadora, na maior parte da área (82,66%) a velocidade variou de 5 a 7 km h⁻¹. Em alguns pontos esteve abaixo de 5 Km h⁻¹ (16,71%).

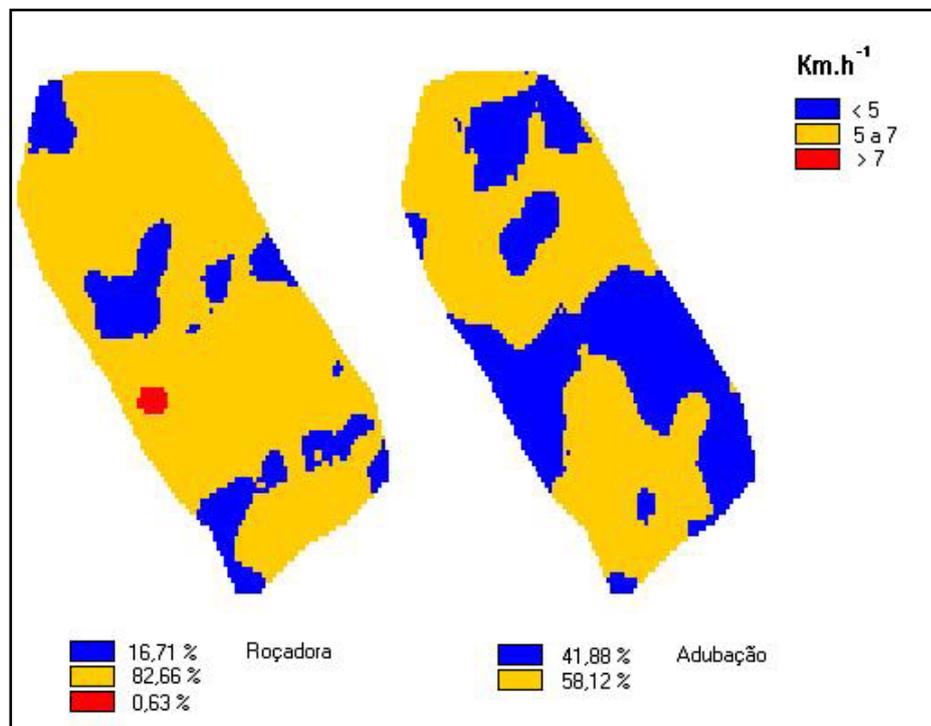


Figura 7. Distribuição espacial – Velocidade de deslocamento roçadora e adubadora.

Com relação à adubação, em 58,12% da área a velocidade variou entre 5 e 7 Km h⁻¹ e em 41,88 % da área ficou abaixo de 5 Km h⁻¹.

adubadora, os dados de velocidade obtidos não estão muito discrepantes, não apresentando grandes variações espaciais.

CONCLUSÕES

- O uso do sistema de coleta automático de dados permitiu utilizar a tecnologia SIG para mapear o desempenho da velocidade do trator nas operações realizadas na cultura de café;
- A aquisição automática de dados permitiu a obtenção de dados numa frequência de registros onde a amostragem é considerada boa para a análise operacional da velocidade do trator com base na estatística descritiva.
- Tanto para a roçadora como para a

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural **machinery management data**. In: ASAE Standards 1996: standards engineering practices data. St. Joseph, 1996. p.359-368. (ASAE D497.2).
- CROSS, T. **Machinery cost calculation methods**. Agricultural Extension Service. University of Tennessee, Institute of Agriculture. Boletim No. 13, 1998.

FOLLE, S.; FRANZ, C.A.B. **Trator agrícola: características e fundamentos para sua seleção**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1990, 24p.

GRISSE, R.D.; JASA, P.J.; ROLOFSON, D. **Field efficiency determination from spatial data**. ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, 2000.

HUNT, D. Machine performance. In: _____. **Farm power and machinery management**. Ames: Iowa State University Press. 1974, cap.1, p.3-27.

LEITE, H.F. **Guia de mecanização rural: coopcotia**. São Paulo: Edecê, 1972. 178p.

LINO, A.C.L.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Análise da fragmentação de fitomassa realizada por uma roçadora em área com predominância de capim colônia. *Bragantina*, v.58, n.2, p.401-407, 1999.

MANTOVANI, E.C. **Seleção de equipamentos agrícolas**. In: CURSO DE PLANEJAMENTO DA MECANIZAÇÃO PARA PEQUENOS E MÉDIOS ESTABELECIMENTOS. 1987, Florianópolis. Anais. Florianópolis: EMATER, 1987, p.26-27.

MAZZETTO, F. **L'acquisizione dei datti aziendali in tempo reale**. *Genio Rurale*, v.12, n.1; 1996 p.20-30.

MAZZETTO, F. LANDONIO, S. Hardware and software developments applied to a system for the automatic organization of computerized notebooks.. In EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2., **Anais...**1999, Odense: SCI Agricultural and Environment Group, 1999. v.1, p.53-54.

MILAN, M. Controle de qualidade em operações agrícolas. In: CÂMARA, G.M.S. Soja: tecnologia de produção. Piracicaba: ESALQ – Depto de Agricultura, 1998. p. 113-120.

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas**. Texto (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP - Piracicaba – 2004, 100p.

MOLIN J.P. **Contribuições a agricultura de precisão no Brasil**. Texto (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP – Piracicaba – 2005, 110p.

PECHE FILHO, A.; COSTA, J.A.S.; FERRETI, G. STORINO, M. Avaliação do grau de picagem de material orgânico: uma proposta de metodologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., Campinas, 1994. **Resumos**. Campinas, UNICAMP/SBEA, 1994. p.252.

SILVEIRA, G.M.; MAZZETTO, F. & LANDONIO, S. Sistema informativo de operação em campo, baseado na aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, 2001; p.365-368.

SILVEIRA, G.M.; STORINO, M.; PECHE FILHO, A.; YANAI, K.; BERNARDI, J.A. Sistema de aquisição automática de dados para o gerenciamento de operações mecanizadas. **Bragantina**, Campinas, v.64, n.2, p.305-310, 2005.

SMITH, H.P. Economics and management of farm equipment. In: _____. **Farm machinery and equipment**. New York, McGraw-Hill, 1965. cap.26, p. 465-482.

STORINO, M.; PIROT, R.; TISSEYRE, B.; SEVILA, F. Performance du tracteur comme indicateur de l'état du sol en agriculture de précision: première approche en riziculture camarguaise. In: AGRICULTURE DE PRECISION : AVANCÉES DE LA RECHERCHE TECHNOLOGIQUE ET INDUSTRIELLE, 1., 2000, Dijon. **Anais**. Dijon: Cemagref-ENESAD, 2000. v.1, p. 103-115.

THOMAZIELLO, R.A.; OLIVEIRA, E.G.; TOLEDO FILHO, J.A.; COSTA, T.E.; CAFÉ. In: **Manual Técnico**

das Culturas, Tomo 1; CATI; 2ª edição; Campinas; 1997; 581p.

YULE, I.J.; KOHNEN, G.; NOWAK, M. In field mapping of tractor performance. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE., 2., 1999, Odense. **Anais**. ...Odense: SCI Agriculture and Environment Group, 1999. v.1, p.20.

WITNEY, B.D. Chossing and using machines. Edinburgh: Land Technology, 1988. 412p.