

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARTAS DE CONTROLE PARA GERENCIAMENTO DE
OPERAÇÕES AGRÍCOLAS MECANIZADAS**

Marcelo Tufaile Cassia

Engenheiro Agrônomo

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARTAS DE CONTROLE PARA GERENCIAMENTO DE
OPERAÇÕES AGRÍCOLAS MECANIZADAS**

Marcelo Tufaile Cassia

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)

2016

Cassia, Marcelo Tufaile
C339c Cartas de controle para gerenciamento de operações agrícolas
mecanizadas / Marcelo Tufaile Cassia. -- Jaboticabal, 2016
xiv, 68 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Rouverson Pereira da Silva
Co-orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Banca examinadora: Cristiano Zerbato, David Luciano Rosalen,
Fabio Alexandre Cavichioli, Murilo Mesquita Baesso

Bibliografia

1. Controle de qualidade. 2. Gestão agrícola. 3. Mecanização
agrícola. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CARTAS DE CONTROLE PARA GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS MECANIZADAS

AUTOR: MARCELO TUFIALE CASSIA

ORIENTADOR: ROUVERSON PEREIRA DA SILVA

COORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



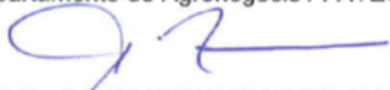
Prof. Dr. ROUVERSON PEREIRA DA SILVA
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. MURILO MESQUITA BAESSO
Departamento de Engenharia Agrícola / FZEA/USP - Pirassununga/SP



Prof. Dr. FABIO ALEXANDRE CAVICHIOLI
Departamento de Agronegócio / FATEC - Taquaritinga/SP



Prof. Dr. DAVID LUCIANO ROSALEN
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. CRISTIANO ZERBATO
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 02 de março de 2016.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MARCELO TUFHAILE CASSIA – nascido em Paulo de Faria, São Paulo, no dia 05 de janeiro de 1988, filho de Sérgio Carlos Cassia e Soraia Cristina Tufhaile Cassia. Coursou o Ensino Fundamental e Médio na Escola Municipal Vicente Luís da Costa e na Escola Estadual Prof. Nelson Alves Tremura, em Paulo de Faria, tendo finalizado o Ensino Médio no ano de 2005. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2006 no curso de Agronomia, nas Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU, em Uberaba, Minas Gerais, concluindo-o no ano de 2009. Durante a graduação, atuou como monitor das disciplinas de solos e mecanização, foi membro do Diretório Acadêmico e bolsista de Iniciação Científica da FAPEMIG no programa em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, atuando em projetos de formação de culturas de cobertura e Plantio Direto. No ano de 2010, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, desenvolvendo seus estudos no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) do Departamento de Engenharia Rural da mesma Universidade. Em julho de 2012, obteve o título de Mestre em Agronomia e ingressou no curso de Doutorado em Agronomia, pelo programa de Produção Vegetal desta mesma unidade universitária. Bolsista do CNPq, desenvolveu suas pesquisas nas áreas de Engenharia Agrícola e Agricultura de Precisão, além de ser membro da Associação Brasileira de Engenharia Agrícola (SBEA). Em 2015 ingressou na Cambuhy Agrícola Ltda. assumindo as atividades de Supervisão de Mecanização Agrícola e Produção de Cana-de-Açúcar. Em janeiro de 2016, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

O que é sucesso?

Rir muito e com frequência; ganhar o respeito de pessoas inteligentes e o afeto das crianças; merecer a consideração de críticos honestos; apreciar a beleza, encontrar o melhor nos outros; deixar o mundo um pouco melhor, seja por uma saudável criança, um canteiro de jardim ou uma redimida condição social; saber que ao menos uma vida respirou mais fácil porque você viveu...

Isto é ter sucesso!

Ralph Waldo Emerson

À minha linda filha Marcella Cassia

Minha amada esposa Polyanna Gouveia

DEDICO

Aos meus queridos pais Sérgio e Soraia Cassia

Meu inseparável irmão Gustavo Cassia

Aos meus familiares e amigos

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à DEUS, por iluminar e dar proteção durante toda a minha vida, por tudo que nela já conquistei e ainda irei conquistar, e pela fé que move nossas vidas enfrentando os desafios em busca de novos horizontes.

À minha esposa e eterna companheira Polyanna Gouveia não somente pelo amor, carinho, apoio e parceria em todos os momentos; mas principalmente por nos propiciar uma família e pela nossa linda e amada filha Marcella, não há palavras para agradecer!!!

Aos meus queridos pais, Sérgio e Soraia Cassia, pelo amor, companheirismo, educação, união e valores transmitidos, essenciais na formação do meu caráter; além de todo apoio em cada momento de nossas vidas, eu amo muito vocês!

Ao meu grande irmão Gustavo Cassia pela parceria em todo nosso convívio, os grandes momentos compartilhados e ainda a serem vividos, sucesso e felicidade sempre a você!

A toda minha família, avós, tios e tias, primos e primas, que são a base que sustenta toda a minha vida, estando cada um sempre pronto a acolher meus problemas e apontar o caminho da sabedoria.

Às Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU, a todos seus professores e funcionários que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação, e em especial aos estimados amigos da 32ª Turma de Agronomia.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa.

Ao Departamento de Engenharia Rural da FCAV, aos seus professores e funcionários, que de alguma forma colaboraram com minha formação e realização deste trabalho, em especial aos assistentes do LAMMA - Aparecido Alves, Sebastião Filho e Valdecir Aparício.

Ao estimado amigo e orientador, Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela dedicação nos conhecimentos transmitidos, as experiências profissionais propiciadas e por sempre confiar em meu potencial; parceria e amizade para toda a vida!

Ao coorientador e amigo Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, pela orientação e pelas parcerias no desenvolvimento de projetos e pelo imensurável conhecimento agregado ao longo do período de convívio.

Aos amigos integrantes do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) – Anderson de Toledo, Ariel Compagnon, Carlos Chioderolli, Cristiano Zerbato, Érica Tricai, Evaldo Ferezin, Fábio Cavichioli, Felipe Santinato, Guilherme Belardo, Henrique de Holanda, Leomar Lima, Lucas Gírio, Marcelo Boamorte, Melina Cais, Murilo Voltarelli, Rafael Bertonha, Tassio Ormond, Tiago Tavares e Vicente Filho – pela amizade, convivência e auxílio nas atividades durante todos estes anos.

À Cambuhy Agrícola Ltda., pela possibilidade de realização deste trabalho, por todo o respaldo fornecido durante o desenvolvimento do mesmo, em especial ao amigo Diego Vidal pelo apoio nesta etapa profissional.

Finalmente agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para minha caminhada até este momento, por meio de conselhos, palavras amigas e momentos de sabedoria, fica aqui a minha eterna gratidão!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
INTRODUÇÃO	15
OBJETIVOS	16
REVISÃO DE LITERATURA	17
Gerenciamento Agrícola	17
Monitoramento de Operações.....	18
Controle de Qualidade	19
Controle Estatístico de Processos	21
Cartas de Controle.....	22
CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL	27
Local	27
Equipamentos Avaliados	28
REFERÊNCIAS.....	30
CAPÍTULO 2 – CONTROLE ESTATÍSTICO APLICADO AO GERENCIAMENTO DO USO DE TRATORES AGRÍCOLAS.....	33
RESUMO	33
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
CONCLUSÕES.....	45
AGRADECIMENTOS	45
REFERÊNCIAS.....	45

CAPÍTULO 3 – FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO E DE QUALIDADE APLICADAS AO GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS MECANIZADAS	48
RESUMO	48
ABSTRACT	49
INTRODUÇÃO	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
CONCLUSÕES	64
AGRADECIMENTOS.....	64
REFERÊNCIAS.....	65
 CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	 67

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Características técnicas do trator JD 7715	28
Tabela 2. Características técnicas dos equipamentos de preparo de solo	29
Tabela 3. Características operacionais dos tratores agrícolas avaliados.....	37
Tabela 4. Indicadores gerenciais utilizados na análise dos tempos de uso de tratores agrícolas e suas respectivas classes agrupadas em função dos relatórios.....	38
Tabela 5. Parâmetros de estatística descritiva e teste de distribuição normal para os indicadores gerenciais das operações mecanizadas de preparo de solo.....	40
Tabela 6. Síntese da análise de qualidade por cartas de controle para valores individuais (<i>I-chart</i>), amplitude móvel (<i>MR-chart</i>), média móvel (<i>MM-chart</i>) e média móvel exponencialmente ponderada (<i>MMEP-chart</i>)....	43

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ciclo Planejar-Fazer-Checar-Agir (PDCA)	21
Figura 2. Gráfico do tipo Cartas de Controle	23
Figura 3. Carta de Valores Individuais (<i>I-chart</i>)	24
Figura 4. Carta de Amplitude Móvel (<i>MR-chart</i>)	24
Figura 5. Carta de Média Móvel (<i>MM-chart</i>)	25
Figura 6. Carta de Média Móvel Exponencialmente Ponderada (<i>MMEP-chart</i>) .	26
Figura 7. Empresa Cambuhy Agrícola: divisão por culturas	27
Figura 8. Parâmetros de estatística descritiva e teste de normalidade para a distribuição dos tempos de utilização de tratores agrícolas.	56
Figura 9. Cartas de controle de valores individuais para os tempos de uso dos tratores em operação, com limites de controle de: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) e 5σ (d)	58
Figura 10. Cartas de controle de valores individuais para os tempos dos tratores em deslocamento, com limites de controle de: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) e 5σ (d)	61
Figura 11. Cartas de controle de valores individuais para os tempos de parada dos tratores, com limites de controle de: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) e 5σ (d)	63

CARTAS DE CONTROLE PARA GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS MECANIZADAS

RESUMO

Gestão significa manter um ciclo de acompanhamento contínuo sobre os sistemas produtivos, elegendo indicadores a serem comparados com padrões e metas, e atuando sobre as discrepâncias. Neste contexto, o desenvolvimento de tecnologias auxilia no monitoramento de operações e, combinados com ferramentas de controle de qualidade, podem auxiliar na detecção de falhas, no planejamento estratégico e nas tomadas de decisão. Desta forma, objetivou-se no presente trabalho aplicar ferramentas de qualidade na gestão da utilização de um grupo de tratores agrícolas que realizam operações de preparo de solo, visando estudar a variabilidade do processo em estudo, bem como selecionar ferramentas e qual seu melhor ajuste para sua aplicação. O trabalho foi desenvolvido a partir de dados gerenciais de uma empresa agrícola localizada no município de Matão – SP, onde foram estudados também ferramentas de apontamento, e as análises dos dados foram baseadas no controle estatístico de qualidade, sendo utilizadas as cartas de controle, com diversos modelos e diferentes níveis de rigor. Foram atribuídos indicadores gerenciais para os tratores avaliados, e as ferramentas de controle se mostraram aplicáveis à análise das operações, fornecendo parâmetros complementares aos indicadores já utilizados. Destas, as cartas de controle para valores individuais se destacaram no monitoramento da utilização dos tratores, na detecção de pontos de investigação e, conseqüentemente, na busca pela otimização do processo. Quanto aos tratores, se mostraram operacionalmente distintos entre si, havendo a presença de tratores utilizados com menor frequência e outros utilizados mais intensamente.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de qualidade, Eficiência operacional, Gestão agrícola, Mecanização agrícola, Planejamento estratégico.

CONTROL CHARTS IN AGRICULTURAL MANAGEMENT OF MECHANIZED OPERATIONS

ABSTRACT

Management means maintaining continuous monitoring cycle of production systems, choosing indicators to be compared with standards and targets, and acting on the discrepancies. In this context, the development of technologies assists in monitoring operations and, combined with quality control tools, can assist in fault detection, strategic planning and decision making. Thus, it is aimed in this study apply quality tools in managing the use of a group of farm tractors that perform tillage operations, aiming to study the variability of the process under study, as well as select tools and what your best fit for your application. The study was conducted based on management data of an agricultural company located in the municipality of Matão - SP, which were also studied pointing tools, and data analysis was based on statistical quality control, and used the letters of control with several models and different levels of stringency. Management indicators for the evaluated tractors were allocated, and control tools have proven applicable to the analysis of operations, providing complementary parameters to the indicators already used. Of these, control charts for the individual values are highlighted in monitoring the use of tractors on detection research points and hence the search for process optimization. As regards tractors, they are shown operably distinct from each other, with the presence of tractor used less frequently and others used more intensively.

KEYWORDS: Quality control, Operational efficiency, Agriculture management, Mechanization, Strategic planning.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

A presente tese visa realizar uma análise gerencial de tratores agrícolas aliada ao emprego de ferramentas de controle de qualidade, bem como de sistemas automatizados de coleta de dados. O trabalho foi desenvolvido em etapas, partindo-se da hipótese de que uma gestão mais intensa da atividade agrícola auxilia na detecção de falhas, no planejamento específico e nas tomadas de decisões.

Para a análise do gerenciamento foram monitorados os tempos de utilização de um grupo de tratores pertencentes à uma empresa agrícola localizada no município de Matão – SP, de onde foram adquiridos todos os indicadores gerenciais relacionados aos tempos produtivos e improdutivos de três tratores agrícolas, os quais foram gerenciados conforme as etapas do projeto, que geraram os respectivos capítulos da presente tese.

No primeiro capítulo é realizado um estudo teórico abordando o gerenciamento de operações agrícolas mecanizadas, bem como o emprego de ferramentas de controle estatístico de qualidade em operações. No segundo capítulo é realizado um estudo de ferramentas de controle estatístico na análise de dados de um sistema tradicional de gerenciamento dos tempos de utilização de tratores agrícolas. No terceiro capítulo é estudado um sistema automatizado de coleta de informações gerenciais, que são submetidas às ferramentas de qualidade, avaliando as causas de variabilidade nas informações.

Finalmente, no quarto capítulo ficam as considerações sobre os resultados e espera-se viabilizar um sistema automático de monitoramento de máquinas frente ao sistema anterior, utilizando-se das mesmas ferramentas de qualidade, possibilitando tomadas de decisões de maneira mais rápida e eficaz. O conceito de qualidade no gerenciamento das operações agrícolas buscará aprimorar o processo, pela eliminação de pontos falhos e pela análise da capacidade em tempo real, auxiliando na redução dos custos e otimização na utilização dos recursos.

OBJETIVOS

- I. Estudar ferramentas e indicadores de gerenciamento agrícola, bem como a variabilidade destas informações e sua aplicabilidade em técnicas de controle estatístico de qualidade;
- II. Aplicar ferramentas de controle estatístico de processos em dados gerenciais de tratores agrícolas visando estudar a variabilidade presente nas informações bem como avaliar as ferramentas que melhor se adaptam esta aplicação;
- III. Avaliar o emprego de um sistema automatizado na coleta de informações gerenciais e os benefícios na análise por ferramentas de qualidade, visando à maior confiabilidade nas tomadas de decisão.

REVISÃO DE LITERATURA

Gerenciamento Agrícola

No atual cenário agrícola onde há busca pelo aumento de produtividade, competitividade e rentabilidade, ocorre a necessidade de potencializar o sistema produtivo como um todo. Neste contexto, a mecanização agrícola torna-se uma grande aliada, por meio da otimização das operações que a envolve, objetivando o aumento da capacidade operacional e redução nos custos de produção. Assim, a gestão de frotas, a qual consiste em monitorar, acompanhar e gerenciar torna-se uma ferramenta eficaz para o aprimoramento da produção agropecuária (BIANCHI e LOPES, 2015).

Esse aprimoramento aliado à manutenção da qualidade nas operações é fator de grande importância para a otimização dos recursos de máquinas agrícolas, visando ao aumento da capacidade operacional e, conseqüentemente, à redução dos custos de produção. Nesse processo, é essencial que os profissionais envolvidos tenham o máximo de conhecimento prático-teórico, uma vez que se torna fundamental para o correto andamento das operações agrícolas (TOLEDO et al., 2013).

Por fim, para atingir tais ganhos produtivos, é necessário realizar três etapas: estabelecer metas ou intervalos de especificações, identificar o caminho de como estas metas serão alcançadas e o método utilizado para chegar a esta meta (VOLTARELLI et al., 2015). Após o gerenciamento da operação definir qual o planejamento mais adequado a ser praticado e as metas de rendimento e qualidade a serem atingidas, pode-se utilizar como ferramenta para o planejamento a análise de modo e efeito de falhas – FMEA. Esta análise levanta os indicadores críticos do processo, que causam potenciais de falhas no decorrer da operação e que diminuem ou não atingem os níveis de qualidade estabelecidos (CAMPOS et al., 2008).

O monitoramento dos trabalhos realizados pelas máquinas agrícolas e do emprego de insumos e serviços, vem sendo realizado em algumas empresas rurais por meio das chamadas auditorias, processo no qual são avaliados parâmetros que possibilitem a caracterização e o acompanhamento das atividades desejadas (TOLEDO et al., 2011).

Monitoramento de Operações

As operações agrícolas de uma empresa rural apresentam particularidades como dependência de fatores climáticos altamente variáveis, necessidade de realização das operações em campo em curtos intervalos de tempo, qualidade da mão de obra, dificuldade de apropriação de dados para controle e especialização gerencial, que dificultam o seu gerenciamento, e acentuam a necessidade de um sistema que auxilie e oriente nas decisões (SILVA e VOLTARELLI, 2015).

Segundo TOLEDO et al. (2011), na administração destas operações vários tipos de informações são importantes, podendo-se citar as condições e o desempenho das máquinas, dados associados às atividades de campo (tempo de trabalho e área trabalhada), dados sobre o desempenho operacional (velocidade de deslocamento, consumo de combustível, etc.) e os dados de substâncias usadas e fluxo de material (como misturas de produtos químicos e fertilizantes aplicados).

A automação da produção agrícola, ocorrida nas últimas décadas, proporcionou algumas mudanças na estrutura dos custos dos produtos das organizações rurais, ocorrendo significativa redução dos custos com mão de obra e a evolução dos custos com depreciação e manutenção de máquinas (BRANCO, 2011). Frente a este contexto, BIANCHI e LOPES (2015) ressaltam que os custos de mecanização passaram a representar o segundo principal componente do custo de produção na atividade rural, perdendo, apenas para os insumos.

Assim, nas propriedades mecanizadas, o monitoramento dos conjuntos mecanizados merece grande atenção, de modo que a aquisição de dados sobre o desempenho operacional de cada máquina é fator fundamental no gerenciamento das operações agrícolas, visando racionalizar o emprego das máquinas na execução das operações, bem como a relação entre o trabalho e o sistema homem/máquina/produção (CASSIA et al., 2015). Contudo, as empresas têm um custo significativo monitorando estes equipamentos manualmente e na maioria das vezes, isso torna-se inviável pelo excesso de trabalho, ou quando as máquinas ou os controladores falham (ENALTA, 2011).

A técnica de obtenção de dados que tem sua transmissão a partir de um ponto remoto tem-se generalizado ao longo dos últimos anos a um número cada vez maior de áreas de aplicação. Este crescimento deve-se às óbvias vantagens de gestão

remota aliadas à evolução tecnológica, que permitem o desenvolvimento de sistemas “machine to machine” (M2M), que é a chamada comunicação máquina a máquina, em que as máquinas conversam entre si, trocando informações com os sistemas por uma rede sem fio, sem a interferência humana (BRANCO, 2011).

Logo, o emprego destas tecnologias possibilita criar sistemas totalmente autônomos, a custos reduzidos e desempenho melhorado. Da mesma forma, as redes permitem o monitoramento de zonas geograficamente dispersas e o transporte da informação desde minúsculas unidades de aquisição lançadas na área, até sistemas que concentram e transmitem essa informação para níveis de decisão e gestão (LANDECK et al., 1998).

Além disso, sistemas automatizados auxiliam na redução de índices referentes ao mau funcionamento das máquinas e, conseqüentemente, a perda de produção (DIAS, 1992). Além da redução de custos e aumento de eficiência, também auxiliam no desenvolvimento do uso da tecnologia de informação, ajudando as empresas a atenderem as necessidades dos clientes, a oferecerem melhores serviços e a se comunicarem com os outros setores da indústria, empregando princípios de qualidade e otimização do processo (VOLTARELLI et al., 2014).

Controle de Qualidade

O controle de qualidade é uma medida adotada por organizações e empresas de diferentes segmentos, em todo o mundo, para definir padrões a serem atingidos de maneira uniforme durante cada etapa da linha de produção de produtos ou serviços (MONTGOMERY, 2003). Entretanto, é indiretamente associado aos processos produtivos industriais, à fabricação em série e em grande escala, o que segundo TOLEDO et al. (2011) não deixa de ser coerente, pois a evolução das indústrias, a exigência do mercado consumidor e também a competitividade por este mercado, fizeram com que as técnicas de produção se tornassem cada vez mais rigorosas quanto à eliminação de falhas, fazendo com que as técnicas de controle de qualidade evoluíssem da mesma forma.

Assim, o conceito de qualidade também sofreu transformações, pois a simples preocupação com produtos não padronizados tornou-se um sistema de gestão estratégico que envolve, entre outros fatores, a redução da variabilidade e eliminação

de falhas. No agronegócio, cada vez mais empresas disputam o mercado, seja na produção de alimentos ou de bioenergia, e com esta competitividade as empresas tendem a buscar ferramentas para a redução de seus custos produtivos e melhoria de seus produtos, o que abre possibilidades de implementação do controle de qualidade nas empresas rurais que buscam este diferencial (NORONHA et al., 2011).

Na mecanização, estas técnicas podem ser utilizadas no gerenciamento de máquinas, mão de obra e de operações (TOLEDO et al., 2011). Mas dentre as diversas técnicas que evoluíram na indústria, hoje a gama disponível é bastante ampla como: Desdobramento da Função Qualidade (QFD), Análise dos Modos de Falhas e Efeitos (FMEA), Ciclo Planejar-Fazer-Checar-Agir (PDCA) e Controle Estatístico de Qualidade (CEQ). Para SILVA et al. (2008), estas técnicas representam poderosa metodologia, que sucintamente executam a análise e o controle de pontos críticos que afetam o processo produtivo.

O ciclo PDCA (Figura 1) inicia-se pela fase planejamento (P), definição de objetivo, metas e metodologia para atender à avaliação do processo; em seguida, o conjunto de ações planejadas é executado (D), treinamento da equipe técnica e coleta de dados a campo; com o posterior monitoramento (verificação) do que foi realizado e se estava de acordo com o planejado (C), sendo esta verificação realizada repetidamente (ciclicamente); e por fim, pode ser implementada uma ação (A), se necessária, para eliminar ou ao menos minimizar as falhas decorrentes do processo (TOLEDO et al., 2011).

Por outro lado, o método, definição de metas, frequência e tamanho da amostra e treinamento da equipe de qualidade, no controle do processo, são formas de se garantir a detecção de falhas ao longo da operação. Sendo assim, todos os itens citados acima possuem influência na avaliação do nível de detecção do FMEA na análise de processo. Portanto, nota-se que todas as informações constantes no plano de controle (Ciclo PDCA), exceto o plano de melhorias, devem também constar na FMEA (MONTGOMERY, 2003).

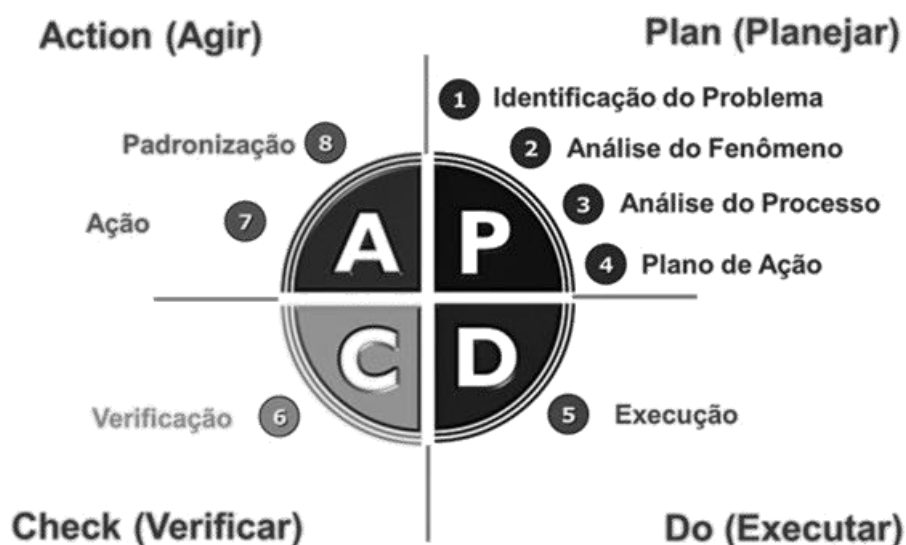


Figura 1. Ciclo Planejar-Fazer-Checar-Agir (PDCA). **Plan-Do-Check-Action Cycle**.
Fonte: Silva e Voltarelli (2015)

Desta forma, a análise de determinada operação agrícola com uso do plano de controle e FMEA está inter-relacionada, pois, ao executar o plano de controle antes do FMEA, as informações deste serão utilizadas no FMEA. Caso o FMEA seja executado antes do plano de controle, todas as informações do plano de controle já constarão no FMEA; sendo assim, torna-se somente necessário produzir um documento com o ciclo PDCA com estas informações, e definir o plano de melhorias por meio da verificação das cartas de controle e o atendimento dos limites de especificações pelos indicadores de qualidade (VOLTARELLI et al, 2015).

Controle Estatístico de Processos

Dentre as ferramentas do controle estatístico de processo, as que mais podem ser aplicadas nas operações agrícolas mecanizadas são as cartas de controle, como uma alternativa para aumentar o nível de qualidade de seus indicadores (variáveis), sendo uma análise de interpretação de dados, visando ao melhor gerenciamento de determinada operação, como forma de monitorar o nível de variabilidade inerente à mesma (SILVA et al., 2008). Neste contexto, a análise da qualidade da operação torna-se ainda mais eficaz quando as tomadas de decisões são realizadas por pessoas capacitadas e que entendam sobre o processo em questão, para implementar melhorias em seu ciclo, eliminando ou diminuindo as fontes externas de variação.

A finalidade das cartas de controle, de maneira geral, é detectar as possíveis variações externas ao processo; forçar o gerenciamento da operação com a criação de um plano de melhorias; inferir na capacidade e nos limites estabelecidos para o processo; redefinir, se necessário, os padrões de qualidade de determinados itens de produção; avaliar se as melhorias surtiram efeitos nos produtos e/ou serviços; e manter a qualidade da operação, caso a mesma satisfaça os padrões de qualidade exigidos, sempre levando em consideração até que ponto a melhoria contínua do processo não afeta os custos de produção (VOLTARELLI et al., 2014).

Porém, para a aplicação desta ferramenta em operações agrícolas mecanizadas, pouco se sabe sobre qual o melhor modelo de carta de controle a ser utilizada ou, ainda, qual o múltiplo do desvio-padrão que melhor se ajusta para prever o comportamento de um determinado indicador de qualidade, tendo como intuito final realizar um monitoramento específico para cada variável. Existem alguns trabalhos na literatura que apresentam o mesmo valor em associação com o desvio-padrão (valor de número três) para análise de todos os indicadores de qualidade de determinados processos (SILVA et al., 2008; VOLTARELLI et al., 2014; CASSIA et al., 2015, dentre outros), podendo esta concepção tornar ineficiente a tomada de decisão pelos gestores da operação, influenciando sistemicamente o processo avaliado, em virtude de haver escassez de estudos referentes a essas análises, comprovando que este valor associado ao desvio padrão seja aceitável.

Cartas de Controle

As cartas de controle (*Control charts*) são implementadas para o monitoramento das variáveis que influenciam a qualidade dos processos ao longo do tempo, que no caso se aplica como ferramenta gerencial das operações, para verificar a estabilidade deste processo (SILVA e VOLTARELLI, 2015). Em todos os modelos de cartas (Figura 2) selecionados para os indicadores gerenciais, é apresentado um gráfico sequencial para as observações diárias, segmentado para cada período e equipamento avaliado, e acompanhados por três limites (linha média – LM, limites inferior e superior de controle – LIC e LSC).

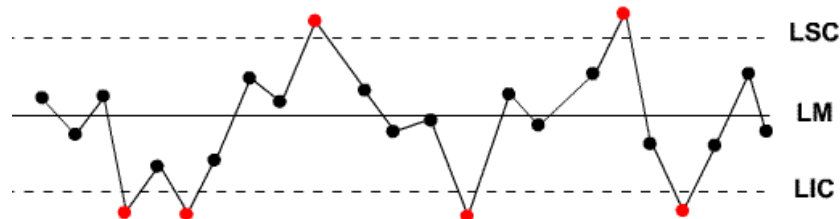


Figura 2. Gráfico do tipo Cartas de Controle. **Control Charts Graph.**

Fonte: Minitab (2016)

Em todos os gráficos, quando alguma observação ultrapassa os limites de controle, esta é destacada na carta e o processo é considerado instável ou fora de controle, pois está sob ação de causas especiais de variação (SILVA et al., 2008). As cartas de controle foram calculadas utilizando-se os limites de controle calculados em função da própria variação do processo, sendo considerado os valores recomendados por MONTGOMERY (2009), os quais proporcionam melhores resultados em avaliações, não havendo super ou subestimação da quantidade de valores (amostras) fora dos limites de controle.

A carta de valores individuais (*I-chart*) cria os valores de cada observação individual e oferece uma média para avaliar se a centralização do processo está sob controle, utilizando-se da largura da faixa entre uma linha central (média) e os limites de controle (LSC e LIC) (Figura 3), calculados a uma distância de 3σ acima e abaixo da linha média, e oferecem uma exibição visual para a variação dos valores (TOLEDO et al., 2011). No entanto, para uma correta interpretação da carta individual é necessário que a variação do processo esteja sob controle, uma vez que esta não possui capacidade para detectar pequenas variações no decorrer do processo e, somente variações de maior magnitude, podendo o processo ser detectado de maneira incorreta, principalmente quando o conjunto de dados não apresenta distribuição normal de probabilidade (VOLTARELLI et al., 2014).

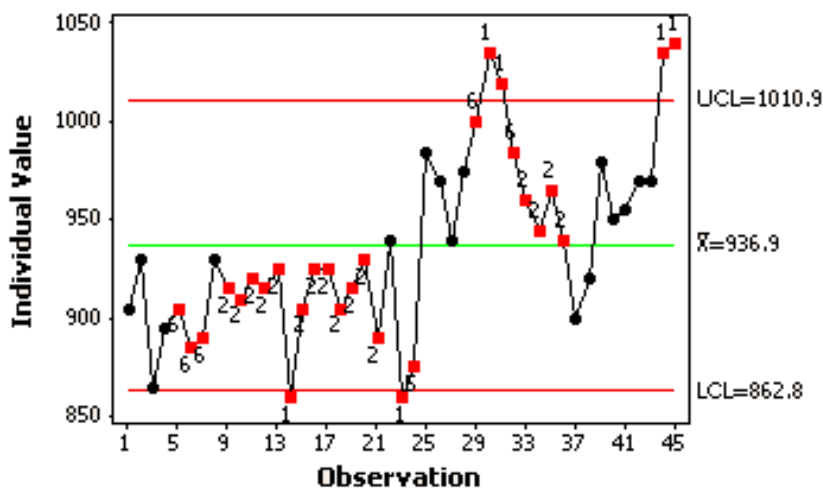


Figura 3. Carta de Valores Individuais (*I-chart*). **Individual Values Charts.**
Fonte: Minitab (2016)

A carta de amplitude móvel (*MR*) cria a amplitude calculada a partir de subgrupos artificiais criados de observações sucessivas, e oferece uma média para avaliar se a variação do processo está sob controle, também pela zona de controle criada entre a linha central e os limites de controle (Figura 4). Segundo LAPLANTE (1996) é desejável que a variação do processo esteja sob controle antes mesmo da análise por valores individuais, uma vez que se a carta MR não estiver sob controle, os limites da carta I serão imprecisos e poderão sinalizar incorretamente para uma condição de instabilidade do processo.

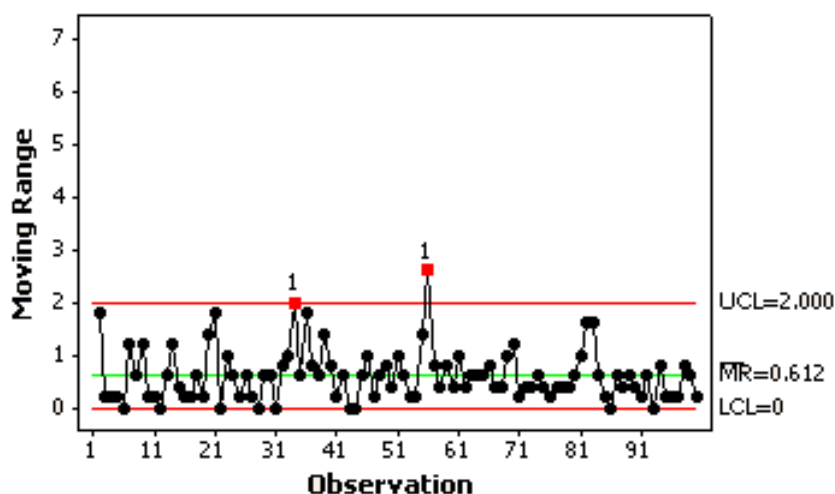


Figura 4. Carta de Amplitude Móvel (*MR-chart*). **Moving Range Chart.**
Fonte: Minitab (2016)

A carta de média móvel (*MM*) é representada por valores individuais e pelos da média móvel de abrangência (w) estipulados em virtude da rigurosidade a ser implementada na análise, sendo o número de valores individuais apresentados corresponde ao valor da média móvel de abrangência (Figura 5). No caso, foi considerada para análise a média móvel de abrangência de valor três ($w=3$), visando um melhor nível de resultado, não prejudicando a qualidade da análise (MONTGOMERY, 2009). No entanto, esse modelo de carta de controle, de maneira análoga à carta I, requer potencialmente a suposição de normalidade do conjunto de dados para sua elaboração, sendo a média móvel melhor para detectar pequenas variações no processo.

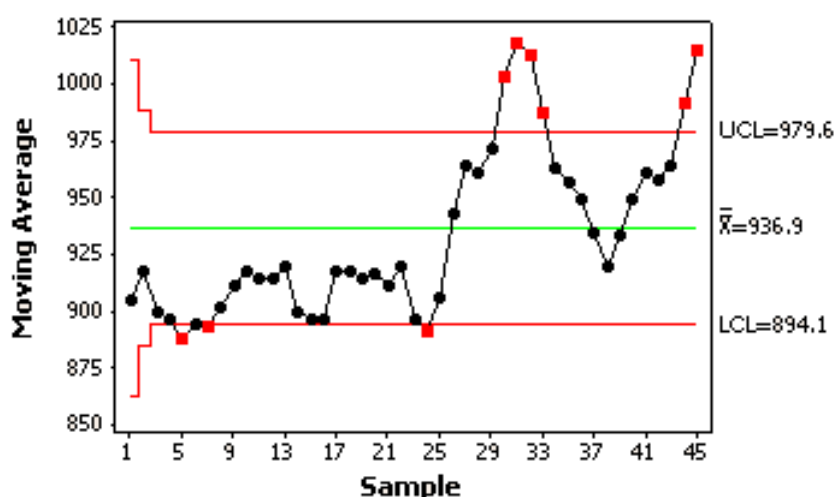


Figura 5. Carta de Média Móvel (*MM-chart*). **Moving Average Chart.**
Fonte: Minitab (2016)

A carta de média móvel exponencialmente ponderada (*MMEP*), ou gráficos de controle avançados, são aprimoramentos desenvolvidos para situações específicas na qual se deseja minimizar, simultaneamente, a ocorrência de pontos fora dos limites de controle (alarmes falsos) e alarmes não visíveis (LAPLANTE, 1996), em virtude de sua maior rigurosidade de análise (Figura 6). As cartas MMEP foram calculadas utilizando-se da largura da faixa entre a média e os limites de controle como o valor 3 (três), e o fator de rigidez da análise de $\lambda=0,4$, escolhido em virtude da recomendação de Montgomery (2009) para este valor da largura da faixa entre os limites.

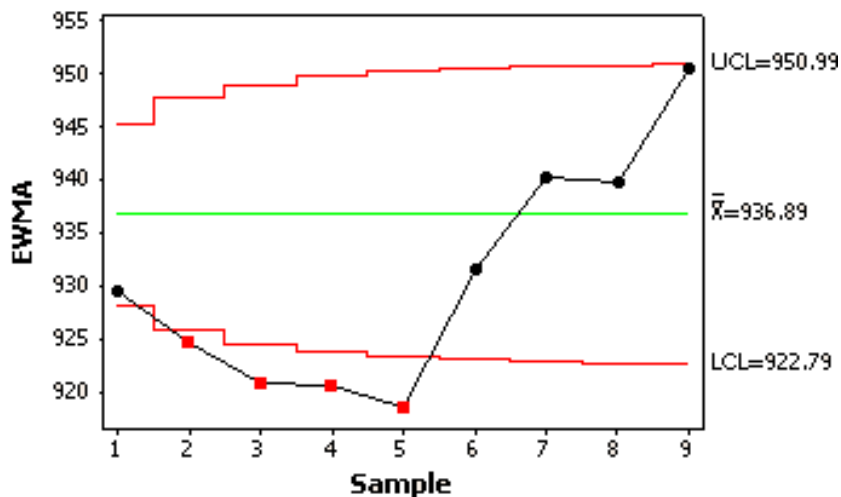


Figura 6. Carta de Média Móvel Exponencialmente Ponderada (*MMEP-chart*). **Exponentially Weighted Moving Average (EWMA Chart).**

Fonte: Minitab (2016)

Ressalta-se ainda que esta ferramenta não necessita da distribuição normal de probabilidade dos dados para ser utilizada no monitoramento de processos, e que os valores dos coeficientes da equação a serem utilizados, ainda não estão especificados na literatura (VOLTARELLI et al., 2015).

CARACTERIZAÇÃO EXPERIMENTAL

Local

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de dados das operações agrícolas mecanizadas desenvolvidas na empresa Cambuhy Agrícola Ltda., localizada no município de Matão – região central do estado de São Paulo – e considerada referência de eficiência e produtividade agrícola. A história da Cambuhy Agrícola data do início do século passando, quando a então companhia inglesa Brasil Warrant comprou as “Fazendas Cambuhy”, tornando-se neste período a maior produtora de café em todo mundo.

Na década de 60, a família Moreira Salles assumiu o controle do capital e nacionalizou a Brasil Warrant e, devido à desvalorização do cultivo de café na década de 70, a empresa passou a investir em diversificação da produção, iniciando-se as atividades de pecuária e produção de citros (CAMBUHY, 2016).

Atualmente, a empresa emprega cerca de 1500 colaboradores, entre fixos e sazonais, que trabalham na produção de cana-de-açúcar, citros e seringueira (borracha natural) cultivados em uma área total de 14.000 ha, onde cerca de 5.000 ha são de preservação ambiental (Figura 7).

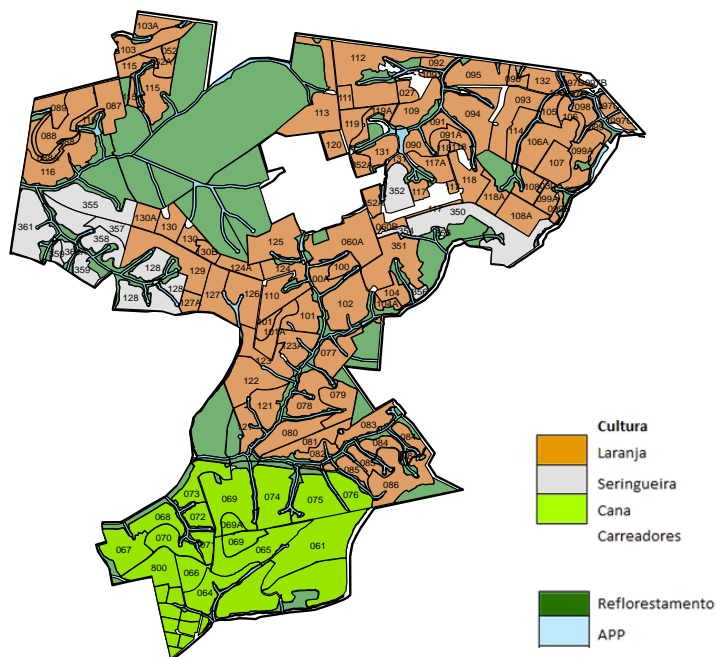



Figura 7. Empresa Cambuhy Agrícola: divisão por culturas. **Cambuhy Agrícola company: crop division.**

Na região do estudo predomina o clima considerado subtropical, classificado como Cwa pelo método de Köppen (PEEL et al., 2007), caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, um verão quente e úmido, e inverno frio e seco. Os principais tipos de solo, predominantes nas áreas de produção avaliadas, são do tipo Argissolo, Latossolo e Neossolo todos de textura média a argilosa, e predominantemente eutróficos.

Equipamentos Avaliados

Foram coletados dados referentes à um grupo de máquinas agrícolas que realizam operações de preparo de solo, nas áreas de expansão e renovação das culturas de cana-de-açúcar, citros e seringueira da empresa. Estas operações são realizadas por um grupo de três tratores agrícolas de marca John Deere modelo 7715, equipados com motor 6 cilindros cuja potência nominal é de 136,0 kW (182 cv) e tração 4x2 TDA, conforme apresentadas na Tabela 1.






Tabela 1. Características técnicas do trator JD 7715. **Technical characteristics of JD 7715 tractor.**

	<p>Marca: JOHN DEERE (Deere Corp. Group.®) Modelo: JD 7715 – 4x2TDA</p>
<p>Motor:</p>	<p>Modelo: JD PowerTech 6068H Série 350 Alimentação: Turboalimentador Intercooler Núm.Cil./Cilindrada: 6 cil. / 6,8 L Pot. Máxima: 182 cv @2400rpm Res. Torque: 35% @1400rpm</p>
<p>Transmissão:</p>	<p>Tipo: PowerQuad PLUS Núm. Velocidades: 16 Frente x 16 Ré Embreagem: Multidisco, autoajustável Independente Tração Diant. Aux.: Acion. Mecânico / Autoblocante</p>
<p>Pneus:</p>	<p>Dianteiros: 650/60 R32 R1 Traseiros: 710/70 R38 R1</p>

Fonte: Deere, 2015

Estes tratores operam acoplados à equipamentos de preparo de solo devidamente dimensionados às condições operacionais que são submetidos, sendo os principais equipamentos relacionados na Tabela 2.

Tabela 2. Características técnicas dos equipamentos de preparo de solo utilizados.
Technical characteristics of soil tillage equipments.

	<p>GRADE PESADA Equip.: GAP-CR 16x32” Prof. trabalho: 0,35 m Larg. trabalho: 2,0 m Vel. trabalho: 6,0 km h⁻¹ Massa: 3.408 kg</p>
	<p>GRADE SEMI-PESADA Equip.: GAI-CR 28x28” Prof. trabalho: 0,25 m Larg. trabalho: 3,0 m Vel. trabalho: 7,0 km h⁻¹ Massa: 2.715 kg</p>
	<p>GRADE LEVE Equip.: GND-CR 56x22” Prof. trabalho: 0,15 m Larg. trabalho: 4,5 m Vel. trabalho: 9,0 km h⁻¹ Massa: 2.570 kg</p>
	<p>SUBSOLADOR Equip.: AST-MATIC 500 Prof. trabalho: 0,50 m Larg. trabalho: 2,0 m Vel. trabalho: 5,0 km h⁻¹ Massa: 2.200 kg</p>
	<p>SULCADOR Equip.: MK-SOLO TRÍPLICE Prof. trabalho: 0,50 m Larg. trabalho: 2,00 m Vel. trabalho: 5,5 km h⁻¹ Massa: 2.500 kg</p>

Fonte: Marchesan (2015) e Mak-Solo (2015)

REFERÊNCIAS

BANCHI, A.D.; LOPES, J.R. **Gerenciamento de Frota: Aspectos sobre gerenciamento de mecanização**. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. *Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar*. Jaboticabal: SBEA, v.1, p.548-587, 2015.

BRANCO, A. **Telemetria**. 2006. Disponível em: <http://infogpsonline.uol.com.br/revistas-interna.php?id_noticia=8527>. Acesso em 20 de setembro de 2011.

CAMBUHY. **História**. 2015. Disponível em: <<http://www.cambuhy.com.br/home-pt.htm>>. Acesso em 20 de dezembro de 2015.

CAMPOS, C. M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L. F. F. Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 554-564, 2008.

CASSIA, M.T.; VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ZERBATO, C.; LIMA, P.H. Monitoramento da operação de colheita mecanizada de sementes de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)**, v.19, p.1209-1214, 2015.

DEERE. **Tratores Agrícolas Grandes – John Deere**. 2015. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/tractors/>. Acesso em 23 de novembro de 2015.

DIAS, O. **Telemetria e sensoriamento remoto**. Editora Copel, 1992.

ENALTA. **Informação chega antes da cana na indústria**. 2007. Disponível em: <http://www.enalta.com.br/noticias_detalhes.php?noticia=21>. Acesso em 15 de outubro de 2011.

LANDECK, J.; TEMIDO, J; SIMÕES, J.B. TELEMET – Um Sistema de Telemetria, Controle e Gestão de Alarmes para Aplicações Ambientais. Congresso de Engenharia Electrotécnica. **Anais...** ano III, nº 6, pp. 21-24, 1998.

LAPLANTE, P. A., “**Real-Time Design and Analysis. An Engineer’s Handbook**”, NY, IEEE Press, 1996.

MARCHESAN. **Produtos – Preparo de Solo**. 2015. Disponível em: <<http://marchesan.com.br/index.php>>. Acesso em 23 de novembro de 2015.

MAKSOLO. **Implementos – Sulcador**. 2015. Disponível em: <<http://www.maksolo.com.br/?pg=implementos>>. Acesso em 23 de novembro de 2015.

MINITAB. **Minitab Statistical Software 17®**. 2015. Disponível em: <<http://www.minitab.com/pt-br/products/minitab/>>. Acesso em 20 de novembro de 2015.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied statistics and probability for engineers**. 3 ed. New York: John Wiley and Sons, 2003.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

SALVI, J. V.; MATOS, M. A.; MILAN, M. Avaliação do desempenho de dispositivo de corte de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 201-209, 2007.

SILVA, R. P.; CORRÊA, C. F.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 292-304, 2008.

SILVA, R.P.; VOLTARELLI, M.A. **Controle de Qualidade de Operações: Aspectos teóricos e aplicação de indicadores**. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar. Jaboticabal: SBEA, v.1, p.381-414, 2015.

TOLEDO, A.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A. Controle de qualidade. **Revista Cultivar Máquinas**. n.106, abr. 2011.

TOLEDO, A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Quality of cut and basecutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agricola**, v.70, n.6, p.384-389, 2013.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ZERBATO, C.; SILVA, V.F.A.; CAVICHIOLI, F.A. Agronomic capability of mechanized sugarcane planting. **Australian Journal of Crop Science (Online)**, v.8, p.1448-1460, 2014.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ZERBATO, C.; SILVA, V.F.A.; PAIXÃO, C.S.S. Quality indicators of soybean conventional and cross-seeding. **Científica (Jaboticabal Online)**, v.43, p.309-315, 2015.

ZERBATO, C.; FURLANI, C.E.A.; ALMEIDA, R.F.; VOLTARELLI, M.A.; SILVA, V.F.A. Quality of peanut mechanical sowing in function of seeding density and size of the seeds. **Engenharia Agrícola (Online)**, v.35, p.711-720, 2015.

CAPÍTULO 2 – CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE APLICADO AO GERENCIAMENTO DO USO DE TRATORES AGRÍCOLAS

RESUMO

Controlar significa manter um ciclo de avaliação contínua sobre sistemas produtivos, medindo e comparando indicadores com o padrão determinado, e atuando sobre as divergências. Baseado no conceito da manutenção contínua da qualidade e na adequação de ferramentas de controle estatístico para o gerenciamento agrícola, objetivou-se avaliar o uso de ferramentas de controle estatístico de qualidade (CEQ) no gerenciamento de tratores agrícolas. O trabalho foi desenvolvido em uma empresa agrícola, monitorando-se, por dois anos consecutivos, um grupo de três tratores agrícolas que realizam atividades de preparo de solo. O controle estatístico de qualidade (CEQ) se mostrou aplicável à análise gerencial de máquinas agrícolas, fornecendo parâmetros complementares aos indicadores já utilizados, auxiliando na gestão das atividades e tomadas de decisão. Dentre as ferramentas, as cartas de controle possibilitaram a análise mais criteriosa dos tratores e, em geral, os tempos de utilização apresentaram elevada variabilidade no período avaliado, independente das condições operacionais dos equipamentos, sendo fortemente afetadas por fatores externos à própria atividade, como intempéries climáticas, problemas mecânicos, mão-de-obra, dentre outros, fato que refletiu em processos quase sempre instáveis, o que dificulta a gestão e planejamento das operações, porém, direciona a pontos para investigação futura.

PALAVRAS-CHAVE: controle de qualidade, eficiência operacional, gerenciamento agrícola, mecanização agrícola.

STATISTICAL CONTROL APPLIED TO AGRICULTURAL MANAGEMENT OF SOIL TILLAGE OPERATIONS

ABSTRACT

Speaking of control means to maintain a continuous evaluation cycle, measuring and comparing with the given pattern, and acting on the differences. Thus, based on the concept of continuous maintenance of the quality, and appropriateness of statistical control tools for agricultural management, the study evaluates the use of statistical quality control tools (CEQ) in managing a set of agricultural machinery preparation of soil. The work was developed in partnership between the Faculty of Agricultural Sciences and UNESP – Univ Estadual Paulista and a private agricultural company, by monitoring for two consecutive years a group of three agricultural machinery for soil preparation operations in this company. The statistical quality control (SQC) proved applicable to the management analysis of agricultural operations by providing additional parameters to indices used for this equipment and may have to assist in the management of activities and decision-making. Among the tools used, they have been proven consistent and complementary to each other, especially control charts that allowed a more detailed analysis of operations. In general, the soil preparation operations showed high variability throughout the evaluation period, regardless of the operating conditions of the equipment, being strongly affected by factors external to the activity itself, such as bad weather, mechanical problems, and hand labor, among others. This condition reflects processes almost always unstable, a fact that complicates their management and planning, but directs us to the research points.

KEYWORDS: quality control, operational efficiency, agriculture management, mechanization.

INTRODUÇÃO

A qualidade nas operações é de grande importância para a otimização da mecanização agrícola, com aumento da capacidade operacional e, conseqüentemente, a redução dos custos de produção. O princípio da “Gestão de Frotas” visa reger, administrar ou gerenciar um conjunto de máquinas ou veículos, permitindo amparar o planejamento para anos futuros, bem como parametrizar a otimização da frota (BANCHI e LOPES, 2015).

A atividade de gerenciamento envolve serviços como a seleção de equipamentos, o planejamento de utilização, sua execução e monitoramento, e a análise dos custos dos equipamentos (VOLTARELLI, 2015). O monitoramento dos trabalhos realizados por máquinas agrícolas, bem como o emprego de insumos e serviços, é realizado nas empresas rurais avaliando parâmetros que possibilitem a caracterização e o acompanhamento das atividades.

Para aplicação dos conceitos de gestão de frota em operações agrícolas, há que se considerar um elevado número de particularidades, tais como: dependência de fatores climáticos altamente variáveis; necessidade de realização das operações em campo em curtos intervalos de tempo e dificuldade de apropriação de dados para controle e especialização gerencial (MILAN e FERNANDES, 2002), que dificultam a gestão e acentuam a necessidade de um sistema que auxilie e oriente nas tomadas de decisões.

O termo controle de qualidade é indiretamente associado aos processos produtivos industriais, de fabricação em série e em grande escala, o que segundo TOLEDO et al. (2013) não deixa de ser coerente, pois com a evolução das indústrias, a exigência do mercado consumidor e também a competitividade por este mercado, fizeram com que as técnicas de produção se tornassem cada vez mais rigorosas quanto à eliminação de falhas, fazendo com que as técnicas de controle de qualidade evoluíssem da mesma forma.

O conceito de qualidade sofreu transformações, pois a simples preocupação com produtos não padronizados tornou-se um sistema de gestão estratégico que envolve, entre outros fatores, a redução da variabilidade e eliminação de falhas (TOLEDO, 2012). Dentre as diversas técnicas que evoluíram na indústria, hoje a gama

de ferramentas disponíveis é ampla, abrangendo, dentre outras, o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), Análise dos Modos de Falhas e Efeitos (FMEA), Ciclo Planejar-Fazer-Checar-Agir (PDCA) e o Controle Estatístico de Qualidade (CEQ).

O emprego destas técnicas compõe uma poderosa metodologia, que sucintamente executam a análise e o controle de pontos críticos que afetam o processo produtivo. Destas, o CEQ é uma técnica utilizada na avaliação do processo, utilizando-se os indicadores de qualidade, obtidos com as outras técnicas supracitadas, sendo que o CEQ está diretamente ligado às avaliações das operações mecanizadas, enquanto que as outras técnicas são abordagens pré-operacionais; e também, por ser a técnica precursora dos sistemas de gestão de qualidade, que iniciou com a utilização das cartas de controle na década de 1930 (MONTGOMERY, 2009).

A hipótese do CEQ é de que a qualidade é aprimorada com a redução da variação das principais características do produto ou do processo. Em todo processo existirá variação, que pode ter origem em causas comuns ou especiais: um processo estável demonstra somente causas comuns de variação, a variabilidade inerente ou natural ao seu ambiente, atribuindo confiabilidade e/ou qualidade à esta atividade (TOLEDO et al., 2013). Ao passo que processos diretamente afetados por causas especiais devido a fatores externos, que possam afetar diretamente a variação, são considerados instáveis e/ou fora de controle, e devem ter essas causas identificadas e minimizadas ou até eliminadas, quando o foco é a melhoria da qualidade (BONILLA, 1994).

Quando se fala em controle, deve-se ter em mente que isto significa manter um ciclo de avaliação contínua, medindo-se e comparando-se com o padrão determinado e agindo-se sobre as divergências (MILAN e FERNANDES, 2002), assim o CEQ pode ser entendido como a fase que integra a verificação e a melhoria do processo. Neste contexto, baseado no conceito da manutenção contínua da qualidade e na adequação de ferramentas para o gerenciamento agrícola, objetivou-se avaliar o emprego de ferramentas de controle estatístico de qualidade (CEQ) na gestão dos tempos de utilização de tratores agrícolas utilizados em operações de preparo de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Univ Estadual Paulista, no Departamento de Engenharia Rural do Campus de Jaboticabal, e os dados oriundos de uma empresa agrícola localizada no município de Matão, estado de São Paulo. Na região do estudo predomina o clima considerado subtropical, classificado como Cwa pelo método de Köppen, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, um verão quente e úmido, e inverno frio e seco.

Por dois anos consecutivos, 2013(I) e 2014(II), foram monitorados os tempos de utilização de três tratores agrícolas (A, B e C) que desenvolvem operações de preparo de solo nas áreas produtivas da empresa. Os tratores avaliados possuem 136,0 kW de potência no motor, transmissão *powershift* 16Fx12R, tração 4x2 TDA e massa aproximada de 11,0 Mg, e que se diferem apenas pelas condições de utilização (Tabela 3).

Tabela 3. Características operacionais dos tratores agrícolas avaliados. **Operating characteristics of agricultural tractors evaluated.**

	Trator A	Trator B	Trator C
Fabricação	2008	2009	2011
Horímetro inicial¹	11.925,4 h	8.384,3 h	2.943,2 h
Taxa utilização²	1.115,7 h ano ⁻¹	1.984,7 h ano ⁻¹	2.939,0 h ano ⁻¹

¹ Valor de horímetro (hora-máquina) inicial do dia 01-01-2013, data de início do trabalho.

² Média da taxa de utilização anual de hora-máquina durante os dois anos avaliados.

Observa-se que, apesar de se tratar de tratores semelhantes, estes encontravam-se em condições de utilização bastante distintas, principalmente quanto ao total de horas trabalhadas e à taxa de uso anual (h ano⁻¹). Nota-se uma relação inversa entre estes indicadores, com uma utilização mais intensa do trator C (mais novo) e uma subutilização do trator A (mais velho), devido a uma melhor disponibilidade mecânica do equipamento mais novo.

O monitoramento dos tempos de uso dos tratores foi coletado do sistema de gerenciamento agrícola da empresa, constituído de um processo de apontamento manual diário realizado à campo que, em sequência, alimenta o sistema computadorizado de onde são gerados os relatórios gerenciais.

No apontamento manual, a cada turno de trabalho os operadores preenchem uma ficha de controle de utilização de máquinas, na qual registram as atividades realizadas, o horário, local e as hora-máquina inicial e final. Por este apontamento também é realizado o controle de máquina parada que, por meio de códigos, identificam os motivos de tempos improdutivos das máquinas e equipamentos.

Para a presente análise, foram criados indicadores gerenciais dos tempos de uso dos tratores agrícolas (h), adaptados da avaliação de tempos e movimentos descrita por MIALHE (1974). Assim, as operações realizadas e os tempos de paradas foram agrupados conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Indicadores gerenciais utilizados na análise dos tempos de uso de tratores agrícolas e suas respectivas classes agrupadas em função dos relatórios. **Variables utilized in the operational analysis of agricultural tractors and their groupings according to management reports classes of the company.**

Indicador (h)	Classes agrupadas	
1. Operação	- Aração	- Grade intermediária
	- Construção terraços	- Grade pesada
	- Escarificação	- Subsolagem
	- Grade leve	- Sulcação
2. Deslocamento	- Mudança de área	
	- Transporte para manutenção	
3. Maq. Parada	- Abastecimento	- Lavagem e Regulagem
	- Clima (chuva, vento, ...)	- Manutenção
	- Falta de comunicação	- Máquina encalhada
	- Intervalo de descanso	- Troca de turno

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se ferramentas de Controle Estatístico de Qualidade (CEQ), visando avaliar não somente o tempo de utilização dos tratores, mas também o potencial do CEQ como ferramenta gerencial. Para realização da análise, considerou-se todos os dias em que houveram atividades

na empresa (“dias úteis”), descontando-se basicamente os domingos e feriados nos quais não ocorreram atividades operacionais. Dentre as ferramentas de qualidade, os resultados foram submetidos à uma análise pela estatística descritiva e pelas cartas de controle (*ControlCharts*).

A análise estatística descritiva possibilita uma observação geral do comportamento dos dados, visando verificar sua aptidão ou não para análises mais criteriosas pelas demais ferramentas estatísticas. Foram relacionados o número total de amostras, o número de dias com cada ocorrência, e calculadas as medidas de tendência central (média) e medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação). Também foi realizada a verificação da normalidade dos dados, pelo teste de Anderson-Darling, sendo este uma medida de proximidade dos pontos e da reta estimada na probabilidade, conferindo maior rigidez à análise (BAKIR, 2012).

Para análise pelas cartas de controle foram utilizados quatro modelos de cartas: valores individuais (*I-chart*), amplitude móvel (*MR-chart*), média móvel (*MM-chart*) e média móvel exponencialmente ponderada (*MMEP-chart*). Adotou-se o valor para a média de abrangência ($w=3$) para a elaboração da carta de controle da média móvel (*MM*) e o fator de rigidez de análise ($\lambda=0,4$) para a carta de controle da média móvel exponencialmente ponderada (*MMEP*), com a finalidade de permitir que estas se equivalessem à carta de valores individuais (*I*) e amplitude móvel (*MR*), para que assim se pudesse comparar os modelos de cartas de controle.

Ressalta-se ainda que, pelo fato de a utilização destas ferramentas ainda não possuírem padrões específicos para operações agrícolas, sua análise não necessita da distribuição normal de probabilidade dos dados para ser utilizada no monitoramento de processos. No entanto, MONTGOMERY (2009) ressalta que, quando utilizadas sob estas condições de não-normalidade, as cartas de controle podem não detectar pequenas variações no decorrer do processo e, sim, somente variações de maior magnitude, ou ainda o processo ser detectado de maneira incorreta (“falsos alarmes”).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos parâmetros da estatística descritiva (Tabela 5) permite observar a existência de grande variabilidade entre os fatores testados, uma vez que os valores dos coeficientes de variação foram altos e pelo fato de que os dados, predominantemente, não se ajustaram à curva de distribuição normal de probabilidade, pelo teste de Anderson-Darling.

Tabela 5. Parâmetros de estatística descritiva e teste de distribuição normal para os indicadores gerenciais das operações mecanizadas de preparo de solo. **Parameters of descriptive statistics and normal distribution test for the management indicators of the mechanized soil tillage.**

Variável	Trator	\bar{x}	Ampl. (h dia ⁻¹)	σ	CV (%)	AD
Operação						
Ano I	A	1,65	19,33	4,30	260,21	77,96 ^A
	B	10,31	20,00	6,89	66,85	7,50 ^A
	C	14,48	20,00	5,61	38,72	14,98 ^A
Ano II	A	5,59	20,00	6,33	113,24	19,23 ^A
	B	7,42	19,98	7,15	96,36	16,31 ^A
	C	11,05	22,00	7,16	64,81	10,25 ^A
Deslocamento						
Ano I	A	0,31	5,05	0,76	244,22	71,77 ^A
	B	1,46	5,27	0,95	65,02	14,79 ^A
	C	2,05	8,58	1,05	51,31	25,26 ^A
Ano II	A	0,80	3,83	0,85	105,98	21,42 ^A
	B	1,12	9,00	1,18	105,31	15,05 ^A
	C	1,47	7,17	0,96	65,17	14,20 ^A
Parada						
Ano I	A	22,04	21,33	4,98	22,58	76,44 ^A
	B	12,23	22,00	7,59	62,08	7,88 ^A
	C	7,47	22,00	6,09	81,51	18,88 ^A
Ano II	A	17,61	22,00	7,08	40,23	18,40 ^A
	B	15,46	21,98	8,02	51,85	15,89 ^A
	C	11,48	24,00	7,90	68,83	10,77 ^A

Parâmetros – \bar{x} : Média aritmética dos valores (h); Ampl.: Amplitude dos dados (h); σ : Desvio padrão dos dados (h); CV: coeficiente de variação (%); AD: Valor do teste de normalidade de Anderson-Darling (N: dados apresentam distribuição normal; A: dados não se ajustam à curva de distribuição normal).

Inicialmente, vale ressaltar que as médias de tempos dos tratores em Operação é diretamente relacionada com o número de dias de utilização dos mesmos, sendo que tratores que passam maior quantidade de dias sem utilização elevam a média de horas de Maq. Parada.

Ao se analisar o tempo de uso dos tratores em Operação, observa-se no Ano I uma grande discrepância entre as médias dos tratores B e C, que foram mais aproveitados operacionalmente. Ao passo que no Ano II, o comportamento se manteve, entretanto de forma mais sutil entre os equipamentos, resultado de um planejamento estratégico voltado para o melhor aproveitamento do conjunto de máquinas como um todo, reduzindo o desgaste excessivo de alguns equipamentos e a subutilização de outros.

Quanto à variabilidade dos dados, observou-se para todas as condições, valores de amplitude (Ampl.) e desvio padrão (σ) elevados, este último muitas vezes superando as médias, fato que refletiu em valores de coeficientes de variação (CV) muito altos (SAMOHYL, 2009). Este comportamento da variabilidade resultou em valores do teste de Anderson-Darling (AD) altos e os mesmos não se ajustaram à uma curva de distribuição normal, sendo considerado os modelos de distribuição dos resultados não-normais. Estes resultados já indiciam para um processo passível de influência por causas especiais, ou seja, fatores externos à variação comum do próprio processo (TOLEDO et al., 2013).

Para a variável Deslocamento, se observa comportamento semelhante à variável Operação, pelo fato de ambas estarem operacionalmente relacionadas, ou seja, os deslocamentos dos tratores ocorrem nos dias de atividades (Tabela 5). Os valores médios de tempo diário de deslocamento, exceto para o trator A que não possuía uma jornada regular de atividades, mantem um padrão dentro do planejamento, e que podem variar em função do número de turnos de operação. Quanto à variabilidade dos resultados, constata-se valores de amplitude e desvio padrão elevados, que novamente culminam em coeficientes de variação altos, e dados que não se ajustam à um modelo de distribuição normal.

Os tempos de Máquina Parada, por abrangerem as paradas climáticas, de manutenção e principalmente operacionais, possuem ocorrências diárias, seja por trocas de turno, intervalos para descanso e alimentação, entre outros. Vale ressaltar

que para os valores médios de máquina parada em cada condição, mesmo para a melhor condição avaliada, tem-se o menor tempo diário acima de sete horas diárias. Estes números são reflexo da estratégia operacional da empresa em trabalhar apenas com um ou, no máximo, dois turnos diários, combinado às normas trabalhistas e demais demandas operacionais.

Os resultados de Máquina Parada devem ser considerados no planejamento estratégico de mecanização, pelo esquema de logística de funcionários e na opção entre turnos de trabalho para a otimização do aproveitamento de equipamentos. Por se tratar de uma ocorrência comum, a variação dos resultados foi menos acentuada que as demais variáveis, entretanto, ainda com coeficientes de variação ficando entre altos e muito altos, e distribuição de dados que não se ajustam à uma curva normal pelo teste de Anderson-Darling.

Na análise pelas cartas de controle (*Control Charts*) observou-se a presença de pontos de instabilidade em praticamente todas as variáveis e para todos os modelos de cartas de controle avaliadas (Tabela 6). Pelas cartas de controle para valores individuais (*I-chart*) apenas o trator B se mostrou estável para os indicadores Operação e Máquina Parada, durante primeiro ano de avaliação, sendo que todas as demais apresentaram ocorrências fora de controle. Em linhas gerais, todos os indicadores gerenciais apresentaram instabilidade em até 20% das observações, sendo esta instabilidade mais intensa no trator A durante o primeiro ano, e nos tratores B e C, no segundo.

Para análise pelas cartas de amplitude móvel (*MR-chart*) observou-se instabilidade para todas as variáveis avaliadas, porém apresentando menores frequências de instabilidade em linhas gerais, destacando-se apenas para o trator A no primeiro ano de avaliação também pela característica de ocorrências pontuais, que se mostraram mais instáveis pela carta de amplitude móvel, resultado de instabilidade na variação do processo (MILAN e FERNANDES, 2002). Os demais indicadores, por apresentarem maior instabilidade na carta de valores individuais, caracterizam instabilidade na centralização do processo, ou seja, na capacidade de o processo manter um padrão de continuidade.

Tabela 6. Síntese da análise de qualidade por cartas de controle para valores individuais (*I-chart*), amplitude móvel (*MR-chart*), média móvel (*MM-chart*) e média móvel exponencialmente ponderada (*MMEP-chart*). **Summary of quality analysis by Control Charts with individual values (*I-chart*), moving range (*MR-chart*), moving mean (*MM-chart*) and exponentially weighted moving average (*MMEP*).**

Variável	Trator	% de observações fora de controle			
		<i>I-chart</i>	<i>MR-chart</i>	<i>MM-chart</i>	<i>MMEP-chart</i>
Operação					
Ano I	A	12,63	13,99	16,72	17,75
	B	***	01,37	20,48	21,50
	C	07,85	04,10	09,22	09,90
Ano II	A	10,29	04,04	15,07	26,47
	B	18,38	05,88	50,37	55,15
	C	19,49	04,41	44,12	51,47
Deslocamento					
Ano I	A	10,92	16,72	15,70	18,09
	B	04,78	04,78	19,11	17,75
	C	08,87	05,46	09,56	09,56
Ano II	A	03,68	07,35	40,81	36,40
	B	06,25	07,72	37,50	41,54
	C	22,79	05,88	31,62	35,66
Maq. Parada					
Ano I	A	12,97	13,65	17,41	17,41
	B	***	01,71	20,82	21,50
	C	07,51	04,44	09,90	09,56
Ano II	A	12,13	04,41	15,44	28,68
	B	19,12	05,15	51,84	55,51
	C	18,75	05,15	48,16	53,31

*** Processo sob controle pela análise de qualidade da operação pelas cartas de controle (*ControlCharts*).

A análise pelas cartas de média móvel (*MM-chart*) e média móvel exponencialmente ponderada (*MMEP-chart*) apresentaram resultados semelhantes entre si, assim como entre as variáveis, mas acompanhando mesmo padrão de comportamento como as cartas anteriores. Em relação aos fatores avaliados, observou-se, via de regra, maior instabilidade para o Ano II de avaliação, principalmente para os tratores B e C, por apresentarem frequência superior às demais.

Observa-se ainda que, de modo geral, as cartas de média móvel e média móvel exponencialmente ponderada apresentaram comportamento semelhantes entre si, quanto à porcentagem de pontos de instabilidade no processo, sendo estas ocorrências predominantemente superiores às observadas pelas cartas de valores individuais e amplitude móvel. Este resultado é reflexo de uma análise mais criteriosa proporcionada pelas cartas de controle para *MM* e *MMEP* em relação às demais, principalmente para dados com elevada variabilidade.

Ao se realizar a análise geral das operações com os tratores de preparo de solo pelas cartas de controle, observa-se a predominância de instabilidade em todas as variáveis gerenciais, indiferente à ferramenta utilizada. As máquinas avaliadas, independentemente de suas condições operacionais, não se mostraram em uma rotina estável, refletindo em elevada variabilidade e condições de até 50% de ocorrências fora de controle. Segundo MILAN e FERNANDES (2002), este comportamento de elevada variabilidade e predominância de instabilidade nos processos é frequente em operações agrícolas mecanizadas, por serem potencialmente afetadas por fatores externos ao processo, os chamados 6 M's: Mão-de-obra, Meio ambiente, Máquina, Método, Medição e Matéria Prima.

Analisando diretamente os atributos dos tratores de preparo de solo, fatores externos que podem influenciar nos indicadores operacionais do processo podem estar relacionados à mão-de-obra (capacitação e disponibilidade); ao meio ambiente, pelas condições operacionais de clima e solo, bem como as ocorrências de intempéries climáticas que afetam diretamente as operações; à máquina (disponibilidade mecânica e eficiência operacional); ao método, em função dos procedimentos operacionais adotados pela empresa, bem como a gestão e o planejamento das operações; à medição (monitoramento e gestão das máquinas podem estar sendo realizados de maneira imprecisa), e, finalmente à matéria prima, que neste caso se aplica às condições nas quais os equipamentos são submetidos para operação, que podem não propiciar as condições mais adequadas.

CONCLUSÕES

O controle estatístico de qualidade (CEQ) se mostrou aplicável à análise gerencial das operações agrícolas, fornecendo parâmetros complementares aos índices utilizados para estes equipamentos, podendo auxiliar na gestão das atividades e tomadas de decisão. Dentre as ferramentas utilizadas, estas se mostraram condizentes e complementares entre si, com destaque para as cartas de controle que possibilitaram uma análise mais criteriosa das operações.

De maneira geral, as operações de preparo de solo apresentaram elevada variabilidade em todo o período de avaliação, independente das condições operacionais dos equipamentos, sendo fortemente afetadas por fatores externos à própria atividade, como intempéries climáticas, problemas mecânicos, mão-de-obra, dentre outros. Esta condição, reflete em processos quase sempre instáveis, fato que dificulta a gestão e planejamento destas operações, porém direciona a pontos para investigação futura.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa aos autores e à Empresa Cambuhy Agrícola Ltda. pelo apoio para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

AMIRI, A.; ALLAHYARI, S. Change point estimation methods for control chart post signal diagnostics: A literature review. **Quality Reliability Engineering International**, v.28, n.7, p.673-685, Julho, 2012.

BANCHI, A.D.; LOPES, J.R. **Gerenciamento de Frota: Aspectos sobre gerenciamento de mecanização**. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar. Jaboticabal: SBEA, v.1, p.548-587, 2015.

BAKIR, S. T. A Nonparametric shew hart-type quality control chart for monitoring broad changes in a process distribution. **International Journal Quality, Statistics Reliability**, v. 12, n.10, 2012, p. 91-100.

BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 221-229, 2010.

BONILLA, J.A. **Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações**. Belo Horizonte: Centro de Estudos da Qualidade Total na Agricultura, 344p., 1994.

LEE, S.H.; PARK, J.H.; JUN, C.H. An exponentially weighted moving average chart controlling false discovery rate. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, v.84, n.8, p.1830-1840, 2014.

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

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. Qualidade das operações de preparo do solo por controle estatístico de processo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.261-266, 2002.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. Arizona: Wiley, v.6, p. 226-268, 2009.

NORONHA, R.H.F.; SILVA, R.P.; CHIODEROLI, C.A.; SANTOS, E.P.; CASSIA, M.T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.4, p.931-938, 2011.

PELOIA, P. R.; MILAN, M.; ROMANELLI, T. L. Capacity of the mechanical harvesting process of sugarcane billets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 619-623, 2010.

SAMOHYL, R. W. Estatística aplicada. In: _____. (Ed.). **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, cap. 1, p.7-75, 2009.

SILVA, R. P.; CORRÊA, C. F.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.28, n. 2, p.292-304, 2008.

TOLEDO, A. **Qualidade do corte basal na colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. 2012. 101 f. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

TOLEDO, A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Quality of cut and basecutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agrícola**, v.70, n.6, p.384-389, 2013.

VOLTARELLI, M. A. **Ferramentas da qualidade na colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. 2015. 151 f. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ROSALEN, D.L.; ZERBATO, C.; CASSIA, M.T. Quality of performance of the operation the sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal Crop Science**, v.7, n.9, p.1396-1406, 2013.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ZERBATO, C.; SILVA, V.F.A.; CAVICHIOLI, F.A. Agronomic capability of mechanized sugarcane planting. **Australian Journal of Crop Science**, v.8, n.10, p.1448-1460, 2014.

CAPÍTULO 3 – FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO E DE QUALIDADE APLICADAS AO GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS MECANIZADAS

RESUMO

Ferramentas de comunicação e novas tecnologias estão cada vez mais acessíveis para auxiliar a gestão das operações agrícolas. Assim, supondo que o emprego destas ferramentas auxilie no monitoramento das operações mecanizadas, bem como que o adequado ajuste de ferramentas de qualidade possa auxiliar no gerenciamento dessas operações, objetivou-se neste trabalho avaliar dois sistemas de apontamento agrícola utilizados para o monitoramento das operações (gerenciamento padrão da empresa e gerenciamento com auxílio de automação) e também o ajuste de ferramentas de controle estatístico na gestão dos tempos de utilização de dois tratores agrícolas em operações de preparo de solo. Como ferramentas de qualidade, foram utilizadas as cartas de controle para valores individuais com limites de 2, 3, 4 e 5 σ (desvios padrão). Como resultados, os sistemas de apontamento agrícola apresentaram resultados médios e comportamento da distribuição dos dados semelhantes entre si, destacando-se apenas o sistema automatizado que apresentou menor variabilidade dos resultados. As cartas de controle para valores individuais se mostraram aplicáveis para auxiliar o monitoramento da utilização dos tratores, na investigação de pontos de melhorias, na busca pela otimização das operações. Quanto aos limites de controle, os melhores resultados para as condições avaliadas foram observados utilizando quatro desvio-padrão (4σ). Operacionalmente os dois tratores avaliados são distintos entre si, sendo que um deles apresentou maior concentração de tempo em paradas, menor concentração em operação, e menor variabilidade em deslocamentos. O segundo trator apresenta maior concentração do tempo no indicador operação, com alta variabilidade nos indicadores deslocamento e paradas.

PALAVRAS-CHAVE: apontamento agrícola, carta de controle, gestão agrícola, mecanização.

MONITORING AND QUALITY TOOLS APPLIED IN MECHANIZED AGRICULTURAL OPERATIONS MANAGEMENT

ABSTRACT

Communication tools and new technologies are increasingly available to assist the management of agricultural operations. So assuming that the use of these tools assist in the monitoring of mechanized operations, as well as the proper adjustment of quality tools can help manage these operations, the aim of this work was to evaluate two agricultural pointing systems used for monitoring operations (standard business management and management with automation assistance) and also the adjustment of statistical control tools in the management of usage times two tractors in tillage operations. As quality tools the control charts were used for individual values with limits of 2, 3, 4 and 5 σ (standard deviations). As a result, the agricultural pointing systems showed average results and behavior of the distribution of similar data with each other, highlighting only the automated system that showed more assertive reducing timely information, in a way, the variability of results. Control charts for the individual values were applied to assist in monitoring the use of tractors, research points to improvements in the search for the optimization of operations. The limits of control, the best results for the evaluated conditions were observed using four standard deviation (4 σ). Operationally the two appraised tractors are distinct from each other, one of which had a higher concentration of long parades, lower concentration in operation, and less variability in shifts. The second tractor has a higher concentration of the time in the indicator operation with high variability in displacement and stops indicators.

KEYWORDS: agricultural appointment, control charts, agricultural management, mechanization.

INTRODUÇÃO

Com os avanços da tecnologia agrícola e forte desenvolvimento econômico do setor, se eleva os investimentos em equipamentos agrícolas e, conseqüentemente, o valor agregado às operações. Assim, surge a necessidade de se monitorar estas as operações e buscar extrair o máximo destas, servindo como base para planejamento das atividades e tomadas de decisão (BANCHI e LOPES, 2015). Neste cenário, ferramentas de comunicação tornam-se fatores estratégicos para o sucesso das empresas agrícolas em mercados cada vez mais competitivos, e com tecnologias cada vez mais acessíveis (VOLTARELLI et al., 2015).

Estas ferramentas têm-se generalizado ao longo dos últimos anos a um número cada vez maior de áreas de aplicação, fato relacionado às óbvias vantagens na gestão das operações, chegando à gestão remota aplicada em tempo real. Com a diminuição dos custos e a melhoria na qualidade dos equipamentos, usuários que até pouco tempo não vislumbravam estes recursos ou não eram encobertos em áreas mais periféricas, hoje empregam ferramentas de comunicação remota para saber instantaneamente qual o estado atual de suas operações produtivas (BARROS e MILAN, 2010).

Para refletir em aumento da eficiência das atividades ou melhoria no aproveitamento dos recursos, além do adequado gerenciamento torna-se essencial o eficaz planejamento das operações agrícolas, com foco em seu potencial na qualidade do processo (VOLTARELLI, 2015). No processo de produção agrícola, a qualidade operacional é conceituada como a realização de operações que estejam adequados à padrões ou metas previamente estabelecidas (ZERBATO et al., 2014), e que possuam capacidade de manter este padrão com o decorrer do tempo.

Identificando os indicadores de qualidade, todas operações agrícolas produtivas, podem ser passíveis de análise, fazendo com que os indicadores permitam mensurar o resultado final. A partir destes indicadores, se torna aplicável as ferramentas de controle estatístico de qualidade no monitoramento do processo, detecção e eliminação de fontes de variação e, finalmente, a busca pela melhoria do processo como um todo, tornando-o estável (BARROS e MILAN, 2010).

Assim, dentre as ferramentas de qualidade mais utilizadas no monitoramento de operações agrícolas mecanizadas se encontram as cartas de controle, sendo normalmente utilizados o valor de três desvio-padrão (3σ) para cálculo dos limites de controle (BARROS e MILAN, 2010; CASSIA et al., 2015; VOLTARELLI et al., 2015). No entanto, são escassos estudos avaliando o uso de outros valores múltiplos do desvio-padrão para operações agrícolas, bem como sua aplicação no gerenciamento de tempos produtivos e improdutivos de máquinas, surgindo a necessidade de um estudo do melhor ajuste das ferramentas e dos indicadores para monitoramento das operações.

Desta forma, pressupondo que o emprego de ferramentas de comunicação auxilie no monitoramento das operações, bem como que o adequado ajuste de ferramentas de qualidade possa auxiliar no gerenciamento de operações agrícolas mecanizadas, o objetivou-se avaliar dois sistemas de apontamento agrícola no monitoramento das operações, avaliando-se também a adequação e cartas de controle de valores individuais com diferentes limites de controle, no gerenciamento dos tempos de utilização de dois tratores agrícolas utilizados em operações de preparo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização experimental

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP – Univ Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, SP, a partir de informações obtidas em uma empresa agrícola localizada na mesma região do estado de São Paulo. Durante o segundo semestre do ano de 2014 foram monitorados os tempos de utilização de dois tratores agrícolas que desenvolvem operações de preparo de solo, utilizando-se dois sistemas de apontamento de campo, visando o gerenciamento destes equipamentos.

O clima predominante na região do estudo é considerado subtropical, classificado como Cwa pelo método de Köppen, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, um verão quente e úmido, e inverno frio e seco. Os principais

tipos de solos onde os tratores operaram durante a realização do estudo são basicamente Argissolos e Latossolos, com texturas que variam de médio a argilosos, e relevos classificados como planos a suavemente ondulados, podendo ser considerados solos altamente aptos à mecanização (MARTINS FILHO et al., 2015).

Fatores testados

Foram avaliados dois tratores agrícolas ano 2010 que possuem motor com 136,0 kW de potência, transmissão *powershift* 16Fx12R, tração 4x2 TDA, massa aproximada de 11,0 Mg e se encontravam com cerca de 10.000 h de utilização no início do estudo. Estes tratores realizam operações de preparo periódico do solo nas áreas de implantação/renovação das culturas de cana-de-açúcar, citros e seringueira, com equipamentos dimensionados conforme a classe de potência dos tratores e os tipos de solo que operam.

Comparou-se ainda dois sistemas de apontamento agrícola dos tempos de utilização dos tratores, sendo um o sistema de gerenciamento agrícola da empresa e o segundo um sistema automatizado para auxiliar no gerenciamento das operações. O sistema da empresa constitui de um apontamento manual realizado à campo, em que a cada turno de trabalho os operadores preenchem uma ficha de controle de utilização dos equipamentos e registram as atividades realizadas. Neste apontamento também é realizado o controle de máquinas paradas que, por meio de códigos, identificam os motivos de tempos improdutivos das máquinas e equipamentos, e finalmente alimentam um sistema de onde são gerados os relatórios gerenciais.

No sistema automatizado foram instalados nos tratores computadores de bordo modelo CBA3200®, sistema este que combina o conceito de “caixa preta”, alimentado por entradas analógicas e digitais de pontos da máquina, combinados à uma interface com o operador, possibilitando ao mesmo realizar os apontamentos no momento em que os mesmos acontecem. Neste sistema, a criação de parâmetros para cada condição operacional permite que o próprio computador faça o usuário apontar mudanças na rotina das atividades por meio de alertas e avisos sonoros.

Dos computadores, os dados são transmitidos remotamente via sinal DGPS® para os servidores da empresa, de onde podem ser criados e extraídos relatórios gerenciais, e/ou utilizados a partir do banco de dados para alimentar o sistema de

gerenciamento já existente na empresa. No caso do presente trabalho, foram disponibilizados os bancos de dados de ambos os sistemas para realização da análise dos indicadores gerenciais desejados.

Indicadores gerenciais

Para realização da análise de qualidade da operação, foram criados indicadores gerenciais da distribuição dos tempos de uso dos tratores agrícolas (h), adaptados da avaliação operacional descrita por MIALHE (1974). Desta forma, os apontamentos de operações de campo, deslocamentos e tempos de parada ficaram agrupados da seguinte maneira:

- a. Operação: indicador que agrupa todos os apontamentos de operações de preparo de solo desenvolvidas na empresa: aração, construção de terraços, escarificação, gradagens, subsolagem, sulcação, entre outros;
- b. Deslocamento: engloba os deslocamentos rotineiros, como saída e retorno aos pontos de troca de turno, além de deslocamentos maiores como mudanças de área, transporte para manutenção, entre outros;
- c. Parada: indicador onde se encontram alocados todos os apontamentos de máquina parada, sejam eles operacionais (folgas, intervalos, trocas de turno), climáticas (chuva, máquina enalçada, vento) ou por manutenção (abastecimento, lavagem, manutenções).

Análise estatística

Utilizou-se para análise dos dados de ferramentas de Controle Estatístico de Qualidade (CEQ), visando avaliar não somente a gestão das operações e as ferramentas de apontamento à campo, mas também o potencial do CEQ como ferramenta gerencial. Dentre as ferramentas de qualidade, os resultados foram submetidos à uma análise pela estatística descritiva, por gráficos de caixas (*Boxplots*) e pelas cartas de controle (*Control Charts*), desta utilizada o modelo de carta para valores individuais (*I-chart*).

A análise pela estatística descritiva possibilita uma observação geral do comportamento dos dados, visando sua aptidão ou não para análises mais criteriosas pelas demais ferramentas estatísticas. Nesta análise, assume os dados como sendo

independentes entre si, de onde são calculadas medidas de tendência central (média) e medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação). Também realizada a verificação da normalidade dos dados, pelo teste de Anderson-Darling, sendo este uma medida de proximidade dos pontos e da reta estimada na probabilidade, conferindo maior rigidez à análise (BAKIR, 2012).

Independentemente da suposição de normalidade, as cartas de controle (*Control charts*) são implementadas para o monitoramento das variáveis que influenciam a qualidade dos processos ao longo do tempo, que no caso se aplica como ferramenta gerencial das operações, a fim de averiguar a variabilidade e buscar estabilidade do processo (BARROS e MILAN, 2010). O modelo de carta utilizado é o de valores individuais (*I-chart*), que cria os valores de cada observação e oferece uma média para avaliar se a centralização do processo está sob controle, utilizando-se da largura da faixa entre uma linha central (média) e os limites de controle (LSC e LIC), calculados em valores múltiplos do desvio padrão (" σ ") acima e abaixo da linha média.

MONTGOMERY (2009) ressalta que os limites de controle podem variar de 1σ a 6σ , sendo quanto menor o valor, maior a rigorosidade da análise, e vice-versa. Uma análise muito criteriosa pode destacar pontos de instabilidade em locais onde a variação é apenas comum do próprio processo, detectando problemas de maneira incorreta ("falsos alarmes"), enquanto que uma análise pouco rigorosa pode não detectar variações no decorrer do processo e, sim, somente variações de maior magnitude, não contribuindo para melhoria de sua qualidade. Assim, optou-se pela análise da ferramenta, calculando-se cartas com limites de 2, 3, 4 e 5σ (desvios padrão) visando observar qual condição melhor se aplica à análise gerencial do processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

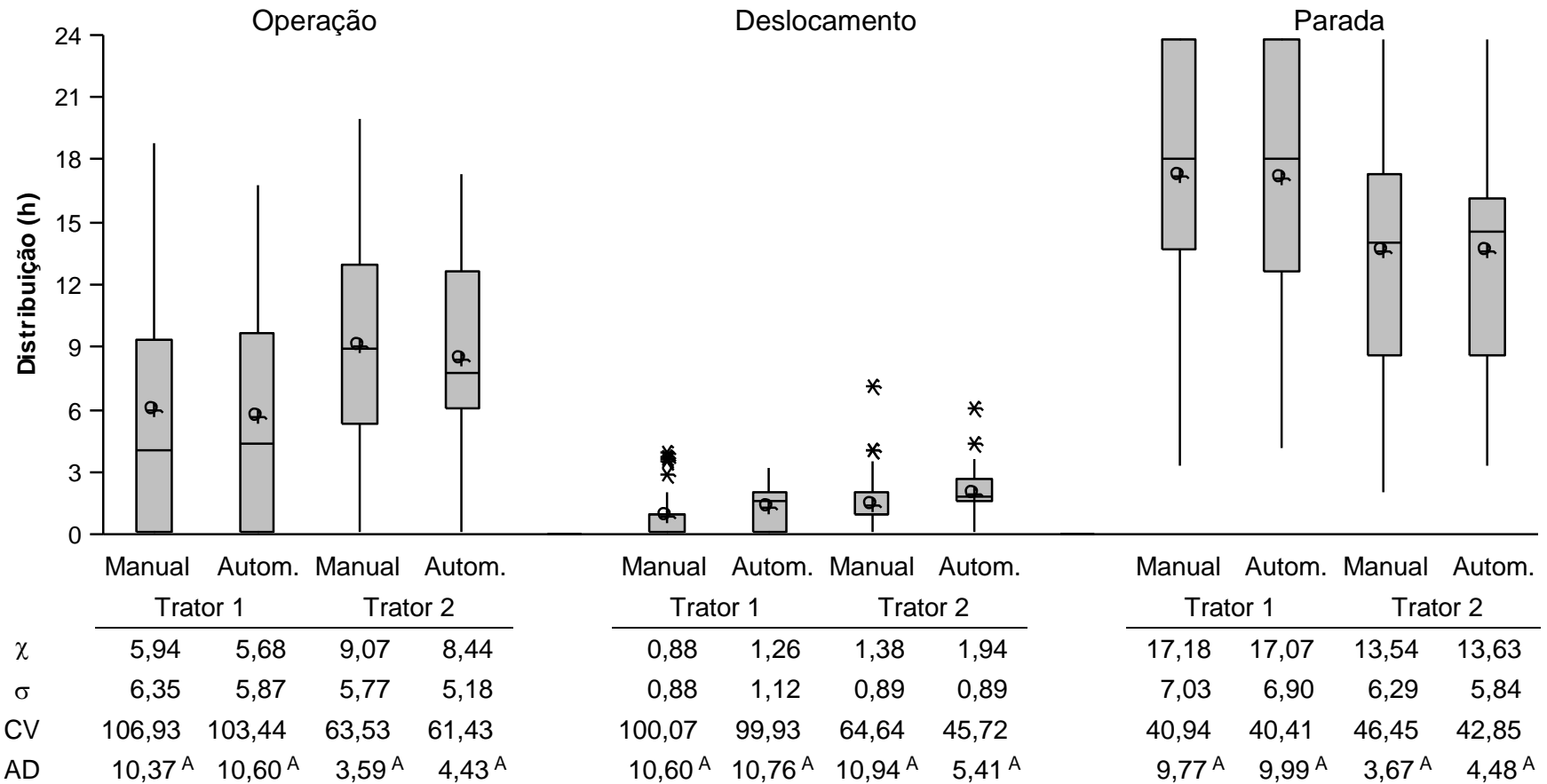
Estatística descritiva

Pelos parâmetros da estatística descritiva (Figura 8) observa-se grande variabilidade entre os fatores testados, verificado pelos valores de desvio padrão e dos coeficientes de variação foram muito altos e pelo fato de que os dados, predominantemente, não se ajustaram à curva de distribuição normal de probabilidade, pelo teste de Anderson-Darling. Segundo VOLTARELLI et al. (2015) esta distribuição dos resultados não significa que os indicadores de utilização dos tratores estão operando de maneira falha ou indevida, mas que estes são passíveis de serem monitorados de maneira mais criteriosa, com maior confiabilidade.

Analisando os *boxplots* constata-se a elevada variabilidade dos resultados, pela grande amplitude das caixas e pela assimetria em função das médias e medianas, bem como a não-coincidência entre estas. Para o indicador dos tempos em operação, observa-se que o trator 2 apresenta média superior ao trator 1, bem como menor variabilidade em seus resultados, independente da forma de aquisição destas informações. Para os dois tratores, a aquisição automatizada de dados reduziu de certa forma a variabilidade dos resultados, reduzindo também o real tempo de utilização destas máquinas em função ao apontamento manual.

Este fato pode estar relacionado ao maior controle de horário e pelo apontamento instantâneo (*just in time*), em relação ao apontamento manual em que o operador preenche as informações de acordo com seu controle próprio (BANCHI e LOPES, 2015). Logo, o emprego desta tecnologia possibilita aos sistemas agregar confiabilidade às informações, além de torna-las mais ágeis para chegar aos níveis de decisão e gestão (LANDECK et al., 1998).

Para o indicador de tempos em deslocamento, as médias foram proporcional à utilização dos tratores em operação, e apresentaram variabilidade também elevada, independente da forma de aquisição. Diferentemente dos tempos em operação, neste caso o apontamento automatizado elevou a média dos tempos em deslocamento, também pela maior precisão em relação ao controle do tempo. De qualquer maneira, para ambos sistemas de aquisição as informações se mostraram proporcionalmente, atribuindo confiabilidade independente da forma utilizada.



Parâmetros – χ : Média aritmética dos valores; σ : Desvio padrão dos dados; CV: coeficiente de variação (%); AD: Valor do teste de normalidade de Anderson-Darling (N: dados apresentam distribuição normal; A: dados não se ajustam à curva de distribuição normal).

Figura 8. Parâmetros de estatística descritiva e teste de normalidade para a distribuição dos tempos de utilização de tratores agrícolas. **Parameters of descriptive statistics and normally test for the use of the agriculture tractors.**

Finalmente, para máquina parada, indicador inversamente proporcional ao tempo em operação, o trator 1 apresenta médias superiores ao trator 2, e resultados semelhantes entre os sistemas de aquisição. Assim como as demais variáveis, a variabilidade foi bastante elevada independente do fator em estudo, o que nos aponta para um processo altamente influenciado por fatores externos (SILVA et al., 2008). Em síntese, observa-se um processo de elevada variabilidade com coeficientes de variação sempre muito altos e valores que não se ajustaram à uma curva de distribuição normal (PIMENTEL GOMES e GARCIA, 2002).

Segundo SCHAFER et al. (2012) independentemente da suposição de normalidade do grupo de dados, torna-se possível a utilização das cartas de controle Shewhart porém, a análise e a interpretação do processo devem ser feitas com maior critério para haver melhor confiabilidade dos resultados sobre o nível de qualidade do processo. VOLTARELLI (2015) relata trabalhos na literatura que estudaram os efeitos da não normalidade nas cartas de controle e como minimizar as fontes de variação do conjunto de dados, visando uma análise mais adequada das cartas de controle de valores individuais, que serão apresentadas a seguir.

Na Figura 9 estão apresentadas as cartas de controle para os tempos de utilização dos tratores em operação nas quais, comparando os sistemas de aquisição das informações, nota-se que o sistema automatizado apresenta uma variabilidade sensivelmente inferior ao manual, observado pela amplitude entre os limites de controle, e normalmente com menor ocorrência de pontos de instabilidade. Os resultados foram praticamente preservados, mantendo os padrões de distribuição, bem como os grupos de alta e baixa utilização, que foram semelhantes.

Analisando o comportamento operacional, observa-se que o trator 1 apresenta maior concentração dos resultados em uma zona abaixo de 12 h de utilização diária, com alguns pontos de maior utilização e apenas um grupo de dias em que sua utilização foi mais intensa, posteriormente retornando à normalidade. Ao passo que o trator 2 apresenta comportamento inverso, com seus resultados mais concentrados acima das 12 h diárias, apenas com um período inicial de utilização mais baixa e alguns períodos de baixa utilização, apresentando via de regra menor quantidade de pontos de instabilidade em relação ao trator 1.

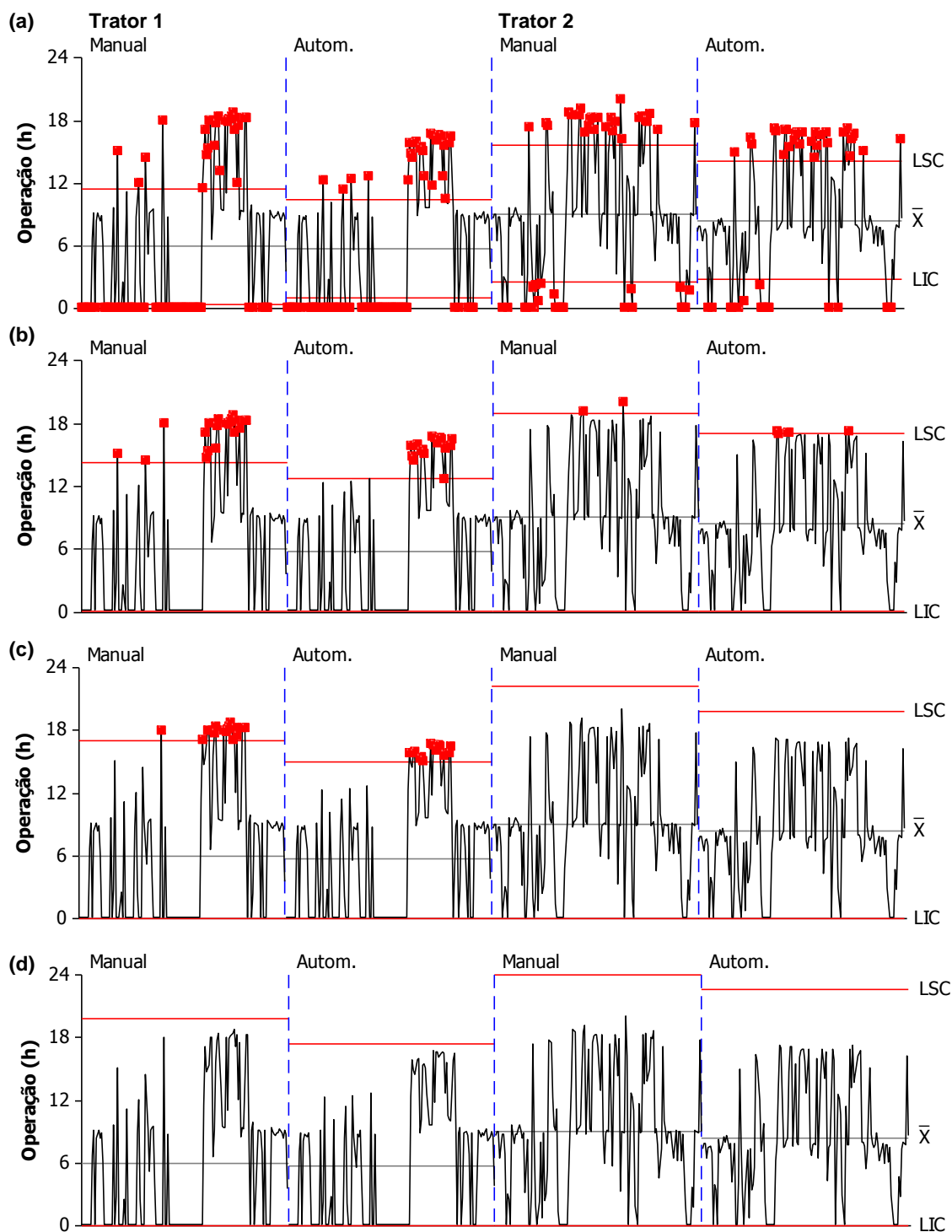


Figura 9. Cartas de controle de valores individuais para os tempos de uso dos tratores em operação, com limites de controle de: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) e 5σ (d). **Individual Control Charts for the time of use of the tractors in operation, with control limits of: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) and 5σ (d).**

Para a análise dos limites de controle, pode-se observar que as cartas com limites de 2σ apresentaram quantidade muito elevada de pontos fora de controle, ficando em torno de 60% para o trator 1 e 35% para o trator 2. Considera-se estes resultados como uma análise muito criteriosa do processo em estudo, sendo esta elevada quantidade de pontos de instabilidade considerados “falsos alarmes”, por serem ocorrências comuns no próprio processo. VOLTARELLI (2015) analisando diferentes limites, destaca que esta situação pode não retratar o verdadeiro desempenho do processo avaliado e a tomada de decisão a partir dos mesmos, pode tornar o gerenciamento da operação inadequado.

Já as cartas com limites de 3σ mostraram uma análise mais ajustada ao processo em estudo, destacando os pontos de instabilidade para utilização muito elevada no trator 1 que abrangeram em torno de 15% dos pontos. Para o trator 2 os pontos de instabilidade detectados foram também picos de tempo de uso, mas estes não destoaram significativamente dos valores comumente observados no processo, podendo também serem considerados para esta máquina como “falsos alarmes” (TOLEDO et al., 2013).

A análise com 4σ se mostrou visualmente a que melhor detectou os pontos falhos do processo, destacando apenas o período de elevado uso do trator 1, já detectado na análise com 3σ , e não destacou nenhum ponto de instabilidade no trator 2 que, aparentemente, apresenta comportamento operacional aleatório. Finalmente, as cartas de controle com 5σ não destacaram nenhum ponto como instável em todo o processo avaliado, tornando a análise neste caso pouco criteriosa para o estudo.

Em síntese, a constatação de que um processo está ou não estável varia potencialmente em função do valor de desvios-padrão utilizados da referente amostra, decrescendo a rigorosidade à medida que se eleva o valor de “ σ ”. Desta forma, testes muito rigorosos podem indicar instabilidade quando há somente causas comuns ou aleatórias (“falsos alarmes”), enquanto que testes pouco rigorosos determinam processos estáveis quando o mesmo se encontra instável, em virtude da não detecção de causas especiais (MONTGOMERY, 2009).

Nas cartas de controle para os tempos dos tratores em deslocamento (Figura 10) observa-se maior variabilidade nos resultados dos apontamentos automatizados, com maior incidência de pontos de instabilidade fora dos limites de controle, e maior amplitude entre os limites ao comparado com manual. Assim como no indicador anterior, a maior variabilidade se deve ao melhor controle pelo apontamento automatizado, em relação ao controle manual (LANDECK, 1998).

Avaliando o comportamento dos tratores em estudo, se observa que o trator 1 apresenta menores tempos e menor variabilidade em relação ao trator 2, devido a este indicador estar diretamente relacionado com o uso dos tratores em operação. Quanto maior a utilização dos tratores em operação, diretamente existe um deslocamento rotineiro entre os pontos de parada e os locais de trabalho, que se tornam comuns do próprio processo. Deslocamentos extras, como longas mudanças de área e transportes entre locais, afetam significativamente no processo, podendo atribuir instabilidade ao mesmo (BANCHI e LOPES, 2015).

Analisando as amplitudes entre os limites de controle, pode-se observar que as cartas com limites estabelecidos em 2σ novamente apontaram para um número muito elevado de pontos de instabilidade, que extrapolaram os limites de controle. Muitos destes pontos, a exemplo os pontos de apontamentos zerados nos dias que não houve operação com o trator, são ocorrências comuns a própria atividade e não influenciados por causas externas ao processo.

A partir das cartas com limites de 3σ a quantidade de pontos de instabilidade reduz, destacando-se apenas períodos que realmente merecem uma atenção em especial por fugirem das condições normais do processo. Ressalta-se apenas que, para o trator 2 utilizando apontamento automatizado, os dias nos quais não houveram atividades foram destacados como não-comuns ao processo avaliado.

Para as cartas com limites de 4σ e 5σ foram destacados apenas pontos extremamente discrepantes e, realmente, passíveis de investigação para a melhoria do processo (VOLTARELLI et al, 2015). Segundo BARROS e MILAN (2010) pontos fortemente discrepantes como estes afetam diretamente a média dos indicadores e, conseqüentemente, nos resultados gerenciais do processo produtivo. Por outro lado, servem como ponto de partida numa investigação da melhoria da qualidade do processo como um todo.

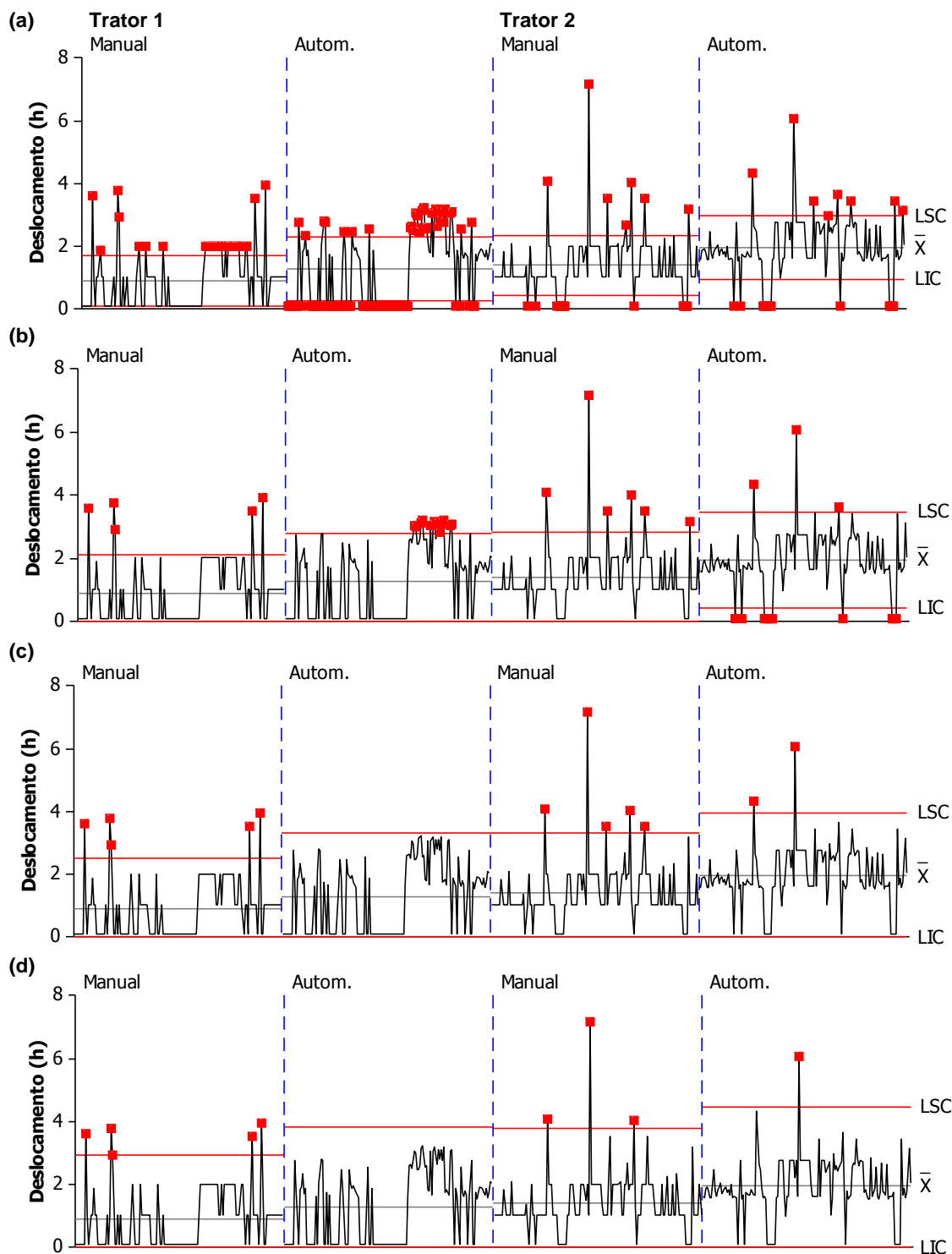


Figura 10. Cartas de controle de valores individuais para os tempos dos tratores em deslocamento, com limites de controle de: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) e 5σ (d). **Individual Control Charts for the use of the tractors in transit, with control limits of: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) and 5σ (d).**

Em uma análise síntese do indicador deslocamento, vale ressaltar a quantidade de pontos de instabilidade nos apontamentos automatizados foi superior ao manual quando utilizados os limites de controle com 1σ e 2σ , por uma amostragem mais precisa que reflete em uma maior variabilidade do processo monitorado. Quando se aumenta a amplitude dos limites de controle, a maior incidência de pontos de instabilidade passa a ser no apontamento manual, por se tratarem de real ocorrências de grande variação no processo em estudo.

As cartas de controle para o indicador máquina parada estão apresentadas na Figura 11 nas quais, analisando-se o processo como um todo, se observa que neste indicador é onde se encontra a maior variabilidade entre os tempos em estudo, pela amplitude entre os limites de controle e quantidade de ocorrências de pontos fora de controle. Ao comparar as formas de apontamento da utilização dos tratores, observa-se grande semelhança entre os sistemas manual e automatizado, com sensível redução na variabilidade com apontamento automatizado, detectada pela amplitude dos limites de controle.

Comparando-se operacionalmente os dois tratores avaliados, pode-se notar certa distinção na distribuição dos dados entre os mesmos, onde o trator 1 concentra a maior quantidade de observações na faixa acima das 12 h diárias parado, enquanto o trator 2 distribui suas ocorrências mais na faixa abaixo, fato diretamente relacionado ao comportamento observado no indicador operação (Figura 9). Este resultado está relacionado à estratégia operacional do grupo de tratores avaliados, onde observamos uma utilização mediana de um dos tratores, talvez operando apenas um dos turnos diários, e uma utilização mais acentuada no segundo trator (BARROS e MILAN, 2010).

Pela análise dos limites de controle, as cartas com limite de 2σ destacaram grande quantidade de pontos de instabilidade no processo, cerca de 60% dos pontos para o trator 1 e 40% para o trator 2. Este resultado é reflexo de uma análise extremamente criteriosa para uma operação de grande variabilidade como esta, destacando grande parte de ocorrências comuns ao próprio processo, sendo mais apropriada à processos com menor variabilidade.

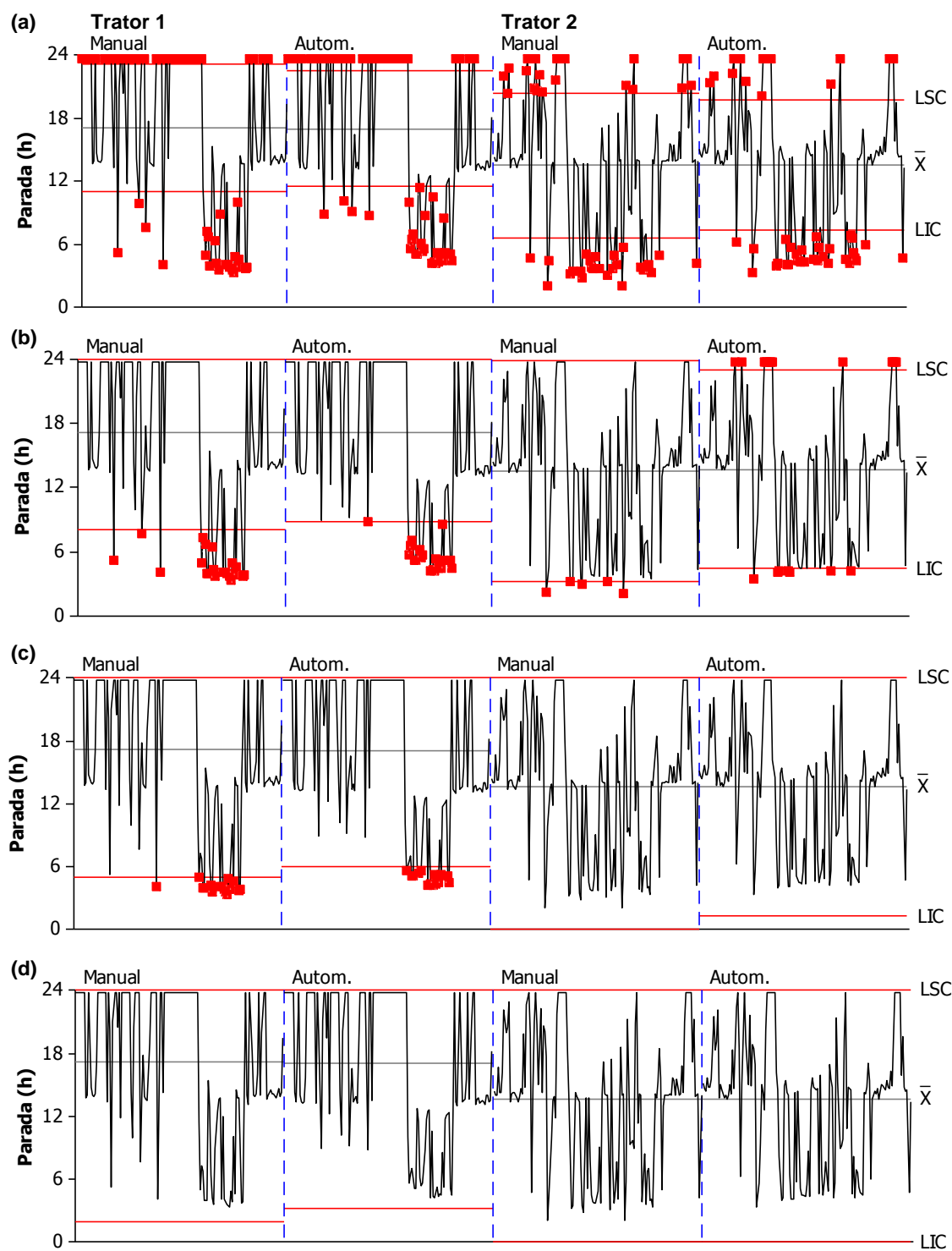


Figura 11. Cartas de controle de valores individuais para os tempos de parada dos tratores, com limites de controle de: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) e 5σ (d). **Individual Control Charts for the time of the tractors stopped, with control limits of: 2σ (a), 3σ (b), 4σ (c) and 5σ (d).**

Elevando os limites de controle para 3s se observa um melhor ajuste para a análise ao processo em estudo, destacando pontos de instabilidade para um período de menor tempo parado no trator 1, que abrangeu cerca de 15% dos pontos. No trator 2 foram destacados cerca de 5% dos pontos, mas ainda se tratando de pontos bastante semelhantes ao demais observados, mas já podendo servir de pontos de investigação para melhorias do processo como um todo.

Pelas cartas de controle com limites de 4σ e 5σ o valor de desvio-padrão elevado extrapolam nos limites de controle, englobando toda a variação dentre os mesmos, tornando o processo considerado estável. Apenas para o trator 1, um agrupamento de observações com baixos valores de parada, superam o limite inferior de controle se destacando como pontos de instabilidade.

CONCLUSÕES

Os sistemas de apontamento agrícola apresentaram resultados médios e comportamento da distribuição dos dados semelhantes entre si, destacando-se que o sistema automatizado apresentou informações pontuais mais assertivas reduzindo, de certa forma, a variabilidade dos resultados.

As cartas de controle para valores individuais se mostraram aplicáveis para auxiliar o monitoramento da utilização dos tratores, na investigação de pontos de melhorias, na busca pela otimização das operações. Quanto aos limites de controle, os melhores resultados para as condições avaliadas foram observados utilizando quatro desvio-padrão (4σ).

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa aos autores; e à Empresa Cambuhy Agrícola Ltda. pelo apoio para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- BANCHI, A.D.; LOPES, J.R. **Gerenciamento de Frota: Aspectos sobre gerenciamento de mecanização**. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. *Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar*. Jaboticabal: SBEA, v.1, p.548-587, 2015.
- BAKIR, S. T. A Nonparametric shew hart-type quality control chart for monitoring broad changes in a process distribution. **International Journal Quality, Statistics Reliability**, v.12, n.10, 2012, p.91-100.
- BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.69, n.1, p.221-229, 2010.
- CASSIA, M.T.; VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ZERBATO, C.; LIMA, P.H. Monitoramento da operação de colheita mecanizada de sementes de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)**, v.19, p.1209-1214, 2015.
- LANDECK, J.; TEMIDO, J.; SIMÕES, J.B. TELEMET – Um sistema de Telemetria, Controle e Gestão de Alarmes para Aplicações Ambientais. Congresso de Engenharia Electrotécnica. **Anais...** v.3, n.6, p.21-24, 1998.
- MARTINS FILHO, M.V.; SIQUEIRA, D.S.; MARQUES JUNIOR, J. **Preparo dos Solos Tropicais: A importância de se conhecer a variabilidade dos atributos do solo**. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. *Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar*. Jaboticabal: SBEA, v.1, p.149-175, 2015.
- MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.
- MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. Arizona: Wiley, v.6, p. 226-268, 2009.
- PIMENTEL-GOMES F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

SCHAFER, W.D.; COVERDALE, B.J.; LUXEMBERG, H; JIN, Y. Quality control charts in large-scale assessment programs. **Practical Assesment, Research and Evaluation**, v.16, n.15, p.01-07, 2012.

SILVA, R. P.; CORRÊA, C. F.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.28, n. 2, p.292-304, 2008.

TOLEDO, A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Quality of cut and basecutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agrícola**, v.70, n.6, p.384-389, 2013.

VOLTARELLI, M.A. **Ferramentas da qualidade na colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. 2015. 151 f. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ZERBATO, C.; SILVA, V.F.A.; PAIXÃO, C.S.S. Monitoramento das perdas no processo de colheita mecanizada de tomate industrial. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.23, p.315-325, 2015.

ZERBATO, C.; FURLANI, C.E.A.; VOLTARELLI, M.A.; BERTONHA, R.S.; SILVA, R.P. Quality control to seeding systems and densities in peanut crop. **Australian Journal Crop Science**, v.8, n.6, p.992-998, 2014.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizando-se uma análise gerencial, as operações apresentaram elevada variabilidade em todo o período de avaliação, independente das condições operacionais dos equipamentos, sendo fortemente afetadas por fatores externos à própria atividade, como intempéries climáticas, problemas mecânicos, mão-de-obra, dentre outros. Esta condição, reflete em processos quase sempre instáveis, fato que dificulta a gestão destas operações, porém frequente em operações agrícolas mecanizadas, por serem potencialmente afetadas por fatores externos ao processo, os chamados 6 M's: Mão-de-obra, Meio ambiente, Máquina, Método, Medição e Matéria Prima.

Aplicando para o caso em estudo, fatores externos que podem influenciar nos indicadores operacionais do processo podem estar relacionados à mão-de-obra (capacitação e disponibilidade); ao meio ambiente, pelas condições operacionais de clima e solo, bem como as ocorrências de intempéries climáticas que afetam diretamente as operações; à máquina (disponibilidade mecânica e eficiência operacional); ao método, em função dos procedimentos operacionais adotados pela empresa, bem como a gestão e o planejamento das operações; à medição (monitoramento e gestão das máquinas podem estar sendo realizados de maneira imprecisa), e, finalmente à matéria prima, que neste caso se aplica às condições nas quais os equipamentos são submetidos para operação, que podem não propiciar as condições mais adequadas.

Baseado nos indicadores de qualidade monitorados, observou-se diferença na frequência de utilização dos tratores em função de suas condições operacionais, ou seja, quanto mais nova a máquina mais intensa é sua utilização, possivelmente devido à maior disponibilidade mecânica e melhor desempenho operacional. Um trabalho de gestão destes equipamentos pode auxiliar no planejamento e nas tomadas de decisão, na busca por maior eficiência operacional e melhor aproveitamento de recursos disponíveis. Estes indicadores de tempos de utilização dos equipamentos, adaptados a partir da literatura, podem servir como auxílio aos indicadores já utilizados pela empresa.

Os sistemas de apontamento agrícola avaliados apresentaram comportamento semelhantes entre si, destacando-se que o sistema automatizado apresentou informações pontuais mais assertivas, reduzindo, de certa forma, a variabilidade dos resultados. O sistema automatizado auxilia no melhor controle horário e, pelo sistema de alertas, no devido apontamento por parte dos operadores. Um avanço no sistema automatizado, combinado à uma central de monitoramento das operações em tempo real, pode possibilitar uma gestão ainda mais eficiente das atividades. Aliado a estes, a utilização de ferramentas de controle de qualidade no monitoramento destas operações, especialmente com o uso das cartas de controle devidamente parametrizadas, mostrou grande aplicabilidade na gestão agrícola.

A aplicação conjunta principalmente no acompanhamento das atividades, na detecção de pontos falhos e em sua na investigação, visando a melhoria do processo. Um sistema de gerenciamento combinando o um monitoramento mais efetivo das operações com ferramentas de qualidade, pode ter grande potencial para uma gestão eficiente e auxiliar no planejamento e nas tomadas de decisão.