

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA SEMEADURA DIRETA DE MILHO COM
DOIS MECANISMOS DE PRESSÃO NO DISCO SULCADOR
SOB DUAS VELOCIDADES**

Vicente Filho Alves Silva

Engenheiro Agrônomo

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA SEMEADURA DIRETA DE MILHO COM
DOIS MECANISMOS DE PRESSÃO NO DISCO SULCADOR
SOB DUAS VELOCIDADES**

Vicente Filho Alves Silva

Orientador: 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).

2015

Silva, Vicente Filho Alves
S586q Qualidade da semeadura direta de milho com dois mecanismos de pressão no disco sulcador sob duas velocidades / Vicente Filho Alves Silva. -- Jaboticabal, 2015
vii, 64 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Banca examinadora: Adilson José Rocha Mello, Afonso Lopes, Jessivaldo Rodrigues Galvão, Rouverson Pereira da Silva
Bibliografia

1. Controle estatístico de qualidade (CEQ). 2. Área mobilizada. 3. Máquinas agrícolas. 4. Sistema plantio direto. 5. *Zea mays* L. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.33:633.15

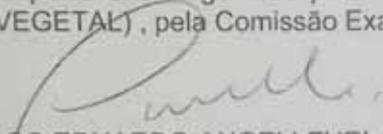
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: QUALIDADE DA SEMEADURA DIRETA DE MILHO COM DOIS MECANISMOS DE PRESSÃO NO DISCO SULCADOR SOB DUAS VELOCIDADES

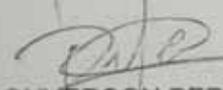
AUTOR: VICENTE FILHO ALVES SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

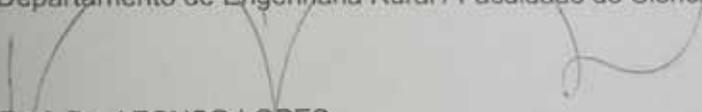
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

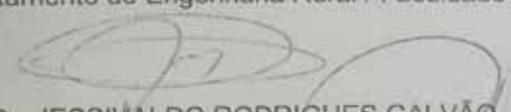
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

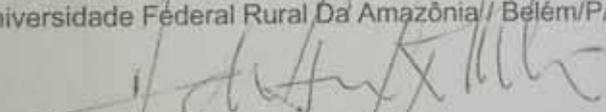

Prof. Dr. ROUVERSON PEREIRA DA SILVA

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. AFONSO LOPES

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. JESSIVALDO RODRIGUES GALVÃO
Universidade Federal Rural Da Amazônia / Belém/PA


Prof. Dr. ADILSON JOSÉ ROCHA MELLO
Centro Universitário de Araraquara / Araraquara/SP

Data da realização: 11 de fevereiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

VICENTE FILHO ALVES SILVA – nascido em Araguaína, Tocantins, em 16 de janeiro de 1989, filho de Vicente Alves Neto e Francisca Maria da Silva Alves. cursou o Ensino Fundamental na Escola Estadual Visconde de Souza Franco, em Belém-PA, concluído em 2002, e ensino Médio na Escola Agrotécnica Federal de Castanhal – PA (EAFC), concluído em 2005. Realizou concomitantemente ao Ensino Médio o curso Técnico em Agropecuária finalizado em julho de 2006, sendo na ocasião monitor da disciplina de matemática para o ensino médio. Trabalhou no Centro Nacional de Primatas no mês de fevereiro de 2007, desligando-se para ingressar no Ensino Superior em março de 2007, no curso de Engenharia Agrônômica, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Câmpus Belém-PA, concluindo-o em junho de 2011. Durante a graduação, foi bolsista do Programa de Educação Tutorial – PET Agronomia/SESu/MEC/UFRA, por três anos, realizando estágio na área de fertilidade e manejo e conservação do solo, onde desenvolveu trabalhos de pesquisa. Em agosto de 2011, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no programa de Produção Vegetal, pela Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, como bolsista pelo CNPq, no Departamento de Engenharia Rural, desenvolvendo suas pesquisas e fazendo parte do LAMMA - Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, com ênfase e experiência na área de Engenharia Agrícola, atuando nas áreas de máquinas e mecanização agrícola, semeadura direta, controle de qualidade nas operações agrícolas mecanizadas e produção vegetal de diversas culturas, recebendo o título de Mestre em fevereiro de 2013. Em março de 2013, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, no Programa de Produção Vegetal, pela Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, como bolsista pelo CAPES, desenvolvendo suas pesquisas e estudos no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA). No fim de 2013, iniciou sua carreira de Docência pela Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Câmpus de Parauapebas, Pará, na área de Mecanização. No mês de fevereiro de 2015, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

*Humildade, Fé, Coragem, Trabalho e Dedicção!!!
Nunca deixe se influenciar pelo meio quando estiver
no caminho certo. Veja o mundo como uma
construção eterna, que se personifica e reflete naquilo
que cada um busca.*

(VICENTE SILVA)

Aos meus Pais, Francisca Maria da Silva Alves e Vicente Alves Neto, que são minha motivação e exemplo de vida.

DEDICO

Aos meus irmãos Diego Alves Silva e Dyorgge Alves Silva.
A todos meus familiares.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por todas as oportunidades concedidas e grandes realizações, pelo dom da vida, saúde e por sempre estar me guiando.

Aos meus pais, Francisca Silva e Vicente Neto, que sem medir esforços sempre batalharam e sacrificaram-se para proporcionarem o melhor. Pelos grandes ensinamentos, criação, amor, carinho, paciência, confiança e apoio nas decisões. Que DEUS continue sempre protegendo e abençoando vocês.

Aos meus irmãos Diego e Dyorgge, batalhadores e vosso reflexo dedicação e exemplo a nossa família.

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), a Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa no primeiro ano de doutoramento, e a empresa JUMIL - Justino de Moraes, Irmãos S/A, pela parceria e apoio no experimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, pela amizade, paciência, oportunidade de trabalho na pós-graduação, confiança e incentivo incondicionais às metas e objetivos almejados e a concluir. Sua simplicidade e humildade o fazem um grande exemplo a seguir.

Ao pesquisador, Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pelo grande homem e exemplo que é, por sua amizade, incentivo, ensinamentos e conselhos, que com certeza nos engrandecem muito. Sempre digo que tenho dois orientadores na pós-graduação, pois você também tem este título.

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), e a todos os amigos criados na referida IFES. Em especial ao pesquisador Dr. Jessivaldo Rodrigues Galvão, meu primeiro orientador, excelente e admirável ser humano, o qual tenho muito apreço e orgulho de ter aprendido muito, principalmente a dar os primeiros passos na vida profissional. Ao amigo Prof. MSc. Daniel Pereira Pinheiro, pelo grande apoio, incentivo, motivação e por serem grandes referências pra mim. E as Engenheiras Agrônomas Joseane Pereira da Silva e Rafaele Fazzi Gomes, pela amizade e contribuições durante o referido trabalho.

A participação dos membros da banca examinadora, por terem aceitado esse convite muito especial e pela grande contribuição inerente à melhoria de formação e conhecimento.

Aos amigos integrantes do grupo do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) – Ariel Compagnon, Ariston Santos, Carlos Chioderoli, Cristiano Zerbato, Érica Tricai, Evaldo Ferezin, Fábio Cavichioli, Leomar Lima, Kaue Oshiro, Marcelo Cassia, Marcelo Boamorte, Melina Cais, Murilo Voltarelli, Priscila, Rafael Bertonha, Rafael de Azevedo, Rodrigo Fernandes, Rogério Abreu, Thaisa Moreti, Tiago Lira, Vinicius de Holambra. Agradeço a oportunidade de conviver com pessoas como vocês e os inúmeros auxílios prestados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Rural da FCAV, aos professores e funcionários, que de alguma forma colaboraram com minha formação e realização deste trabalho. Aos assistentes do LAMMA - Aparecido Alves (Cidão), Sebastião Filho (Tião) e Valdecir Aparício (Maranhão).

Ao meu primo Wesley Silva e meu tio Joaquim Silva (*in memoriam*) e a todos aqueles que, embora não tenha citado os nomes, de uma forma ou de outra, contribuíram para tornar este momento possível, através de ações e/ou conselhos, palavras amigas e momentos de sabedoria, fica aqui a minha gratidão.

SUMÁRIO

Página

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
I INTRODUÇÃO	1
II REVISÃO DE LITERATURA	3
1 A cultura do milho	3
2 Sistema Plantio Direto	4
3 Conjunto trator-semeadora-adubadora.....	7
4 Qualidade e sua utilização na operação mecanizada.....	9
III MATERIAL E MÉTODOS	13
1 Localização e caracterização da área experimental	13
2 Análise granulométrica e química do solo	14
3 Delineamento experimental	15
4 Máquinas e equipamentos utilizados	17
4.1 Trator.....	17
4.2 Semeadora-adubadora	18
4.3 Sistema de aquisição de dados	19
4.4 Fluxômetro	19
5 Avaliações realizadas	20
5.1 Área mobilizada, largura e profundidade do sulco	20
5.2 Consumo horário de combustível.....	21
5.3 Consumo operacional combustível	22
5.4 Teor de água no solo	22
5.5 Profundidade da semente	22
5.6 Número médio de dias para emergência das plântulas	23
5.7 Distribuição longitudinal das plântulas	24
5.8 População inicial, final e sobrevivência de plantas	25
5.9 Altura de inserção da espiga, altura de plantas e diâmetro do colmo	25

5.10 Produtividade de grãos e matéria seca da parte aérea do milho	26
6 Análise estatística	27
6.1 Controle estatístico de processo (CEP)	27
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
1 Mobilização do solo e consumo de combustível do conjunto trator- semeadora/adubadora	29
2 Características agronômicas da cultura do milho.....	37
V CONCLUSÕES.....	53
VI REFERÊNCIAS	54

QUALIDADE DA SEMEADURA DIRETA DE MILHO COM DOIS MECANISMOS DE PRESSÃO NO DISCO SULCADOR SOB DUAS VELOCIDADES

RESUMO – A cultura do milho é uma importante alternativa econômica para o agricultor. Contudo, a regularidade durante todo o processo de semeadura afeta positivamente na qualidade e por consequência na produtividade final da cultura. Dessa forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar a qualidade da semeadura mecanizada de milho em função de dois mecanismos de controle de profundidade da unidade de sementes, e duas velocidades de deslocamento, sob a óptica do controle estatístico de processo. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2012/2013 em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da UNESP/Jaboticabal. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2, com 40 repetições dentro dos blocos. Os tratamentos foram constituídos por dois mecanismos de controle de profundidade da unidade de sementes (Mecânico e Pneumático), e duas velocidades de deslocamento ($5,1 \text{ km h}^{-1}$ e $6,2 \text{ km h}^{-1}$). As variáveis avaliadas foram: mobilização do solo, consumo de combustível do conjunto mecanizado trator semeadora-adubadora e características agronômicas da cultura do milho. Nas características agronômicas da cultura do milho, o melhor mecanismo de controle de profundidade da unidade de semente foi o pneumático, trabalhando-se na menor velocidade. Para as variáveis de consumo de combustível e mobilização do solo, verifica-se que o mecanismo do sistema de controle do disco duplo da semente pneumático na menor velocidade ($5,1 \text{ km h}^{-1}$), foi o que se apresentou sob controle na maioria das variáveis com menor variabilidade dos resultados.

Palavras-chave: Controle estatístico de qualidade (CEQ), Área mobilizada, máquinas agrícolas, sistema plantio direto, *Zea mays* L.

SEEDING OF QUALITY CORN DIRECT WITH TWO PRESSURE MECHANISMS IN TRENCHERS DISC UNDER TWO SPEED

ABSTRACT – Maize is an important economic alternative for the farmer. However, consistency throughout the planting process positively affects the quality and therefore the final crop yield. Thus, the aim of the present study was to evaluate the quality of mechanized sowing maize in relation to two depth control mechanisms of the seed unit, and two velocities, from the perspective of statistical process control. The experiment was conducted in the agricultural year 2012/2013 in the experimental area of the Department of Rural Engineering of UNESP/Jaboticabal. We used a randomized block design in a factorial 2 x 2 and 40 replicates within the blocks. The treatments consisted of two depth control mechanisms of the seed unit (Spring/Mechanical and AR/Pneumatic), and two velocities (5.1 km h⁻¹ and 6.2 km h⁻¹). The variables evaluated were: tillage, fuel consumption of the mechanized seeder tractor set and agronomic characteristics of corn. The agronomic characteristics of corn, the best depth control mechanism of the seed unit was with the tire, working on the lower speed. For fuel consumption variables and soil cultivation, it appears that the control system of the mechanism of pneumatic seed double disk in the lower speed (5.1 km h⁻¹), was what we had under control in most of the variables with less variability of results.

Keywords: Quality of statistical control (SQC), mobilized area, agricultural machinery, tillage, *Zea mays* L.

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Análise granulométrica e química do solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m, em Jaboticabal, SP.....	14
2. Balanço geral da qualidade do processo para as variáveis de mobilização do solo e consumo de combustível na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho.....	36
3. Balanço geral da qualidade do processo para as variáveis das características agronômicas da cultura do milho na operação da semeadura mecanizada.	52

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Imagem aérea da área experimental. (Fonte: google Earth 2015).....	13
2. Dados meteorológicos da precipitação pluviométrica e temperatura máxima, mínima e média, durante a condução do experimento no ano de 2013. (Fonte: Departamento de Ciências Exatas da FCAV – UNESP, Jaboticabal).....	14
3. Mecanismos de controle de profundidade da unidade de sementes. Pneumático (A) e Mecânico (B), e compressor de ar (C).....	16
4. Croqui da área experimental com distribuição das parcelas e tratamentos no campo.	17
5. Trator utilizado no experimento.	18
6. Semeadora-adubadora utilizada.	18
7. Sistema de aquisição de dados utilizado.....	19
8. Medidor de consumo horário de combustível utilizado no experimento.	20
9. Perfilômetro de varetas para determinação da mobilização do solo.	21
10. Emergência das plântulas após a semeadura.....	24
11. Medição dos espaçamentos entre plantas para determinação da distribuição longitudinal no campo.	24
12. Altura das plantas (a), e diâmetro do colmo (b) aos 120 dias.	26
13. Máquina trilhadora estacionária (a), e armação para coleta de massa seca.....	26
14. Modelo de cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel.	28
15. Cartas de controle para área de solo mobilizada (a), profundidade (b), largura (c) e volume de solo mobilizado do sulco (d) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h ⁻¹	30

16. Cartas de controle para consumo horário de combustível (a), consumo efetivo de combustível (b) e consumo de combustível por volume de solo mobilizado (c) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.33
17. Cartas de controle para profundidade média da semente no solo (a) e número médio de dias para emergência de plântulas (b) para a operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.38
18. Cartas de controle para espaçamento normal (a), falho (b) e duplo (c) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.41
19. Cartas de controle para população inicial (a), final (b) e sobrevivência de plantas (c) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.44
20. Cartas de controle para diâmetro do colmo (a), altura da planta (b) e altura da espiga aos 120 dias após a emergência (c) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.48
21. Cartas de controle para massa seca da parte aérea das plantas (a) e produtividade (b) para a operação de colheita da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.50

I INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das principais culturas cultivadas no Brasil e no mundo. A domesticação e alta utilização vêm proporcionando cada vez mais a melhoria de técnicas de cultivo, o que tem proporcionado altas produtividades principalmente aos médios e grandes produtores que possuem melhor acesso a estas tecnologias. No entanto, baixas produtividades podem estar relacionadas a tecnologias e manejos inadequados. Aliado a isso, a qualidade da operação de semeadura pode ser um dos diferenciais para o estabelecimento adequado da cultura.

O Sistema Plantio Direto (SPD) é uma realidade na agricultura brasileira, que vem crescendo todos os anos, sendo necessário cada vez mais a modernização e estudo do tema, diante de novos mecanismos agregados às máquinas. Este sistema destaca-se pela menor intensidade de mobilização do solo, ou seja, preparo localizado na fileira de semeadura, e por manter sobre a superfície do solo uma quantidade maior de massa vegetal, o que o caracteriza como conservacionista.

Silva et al. (2011) afirmaram que o Sistema Plantio Direto (SPD), ao produzir e manter acima de cinco toneladas de palha na superfície do solo, proporciona diminuição da densidade da camada superficial, contribuindo para a infiltração de água e aeração, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular e a manutenção de maior umidade do solo, entre outros benefícios. A manutenção deste aporte de palha na superfície resulta na dissipação de energia da compactação, resultando em menores valores da densidade dos solos (ALVES et al., 2013).

Com a evolução dos níveis tecnológicos das semeadoras-adubadoras utilizadas principalmente pelos produtores mais tecnificados no Brasil, aumentou-se também a preocupação com a qualidade de semeadura. Esta por sua vez, de acordo com as regulagens, pode influir diretamente na distribuição de sementes e adubo, profundidade de semeadura, área mobilizada e produtividade final da cultura implantada, dentre outros fatores.

Para se obter distribuição uniforme de sementes em semeaduras de milho de alta densidade, tanto em profundidade quanto em relação à distância entre as

plantas nas fileiras e entre fileiras, a velocidade do conjunto mecanizado (trator-semeadora) no momento de semeadura e os mecanismos do sistema de deposição das sementes são partes e fatores essenciais para aumentos significativos na produtividade do milho.

Diante do exposto, torna-se importante a avaliação de novos mecanismos desenvolvidos para semeadoras-adubadoras sob a óptica do controle estatístico de processo (CEP), a fim de buscar melhorias na semeadura da cultura do milho, bem como utilizá-los como indicadores de qualidade, para o monitoramento desta operação.

Desta forma, partindo da hipótese de que a velocidade de semeadura do conjunto mecanizado e o tipo de mecanismo regulador da profundidade de deposição das sementes da semeadora-adubadora podem influenciar no desenvolvimento da cultura do milho em sistema plantio direto, podendo com estas variáveis aumentar a produtividade da cultura, objetivou-se avaliar a qualidade de operação de semeadura mecanizada de milho, utilizando ferramentas do CEP.

II REVISÃO DE LITERATURA

1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas, com grande importância econômica e social no mundo. A cultura encontra-se amplamente disseminada no Brasil, fato este relacionado tanto à sua multiplicidade de uso nas propriedades rurais quanto à tradição de cultivo deste cereal pelos agricultores brasileiros. Sendo um dos principais produtos na alimentação humana e animal, em muitas regiões brasileiras, ele é explorado tanto nos pequenos quanto nos grandes módulos rurais. No Brasil a cultura ocupa posição significativa na economia, em decorrência do valor da produção agropecuária, da área cultivada e do volume produzido (PAIVA, 2011).

A commodity mais produzida no mundo é o milho, com cerca de 985,4 milhões de toneladas, seguida pelo trigo, arroz e por fim a soja com 304,7 milhões de toneladas. Neste cenário, o Brasil destaca-se como o terceiro país que mais produz o cereal, com cerca de 74 milhões de toneladas de milho, em área que gira em torno de 15 milhões de hectares (USDA, 2014). Estima-se que a produção de milho na safra 2014/15 no Brasil encontra-se em torno de 95,8 milhões de toneladas, sendo para este cultivados 31,6 milhões de hectares (CONAB, 2014).

No cultivo do milho é necessário que a planta apresente condições adequadas de interceptação de radiação solar, a qual é função direta da população e da distribuição de plantas na área. A cultura apresenta ciclo vegetativo variável, abrangendo desde genótipos precoces, onde a polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência (DAE), até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 DAE, ou seja, ciclo mais tardio. No Brasil, o milho apresenta ciclo vegetativo variando entre 110 a 180 DAE, em função da caracterização dos genótipos conforme os ciclos vegetativos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Entre os fatores que mais têm afetado a produtividade de milho, destacam-se o clima, manejo de nutrientes, fertilidade do solo, práticas culturais, potencial genético dos materiais e manejo de pragas e doenças (AMADO et al. 2002; FANCELLI & DOURADO NETO 2003).

O milho é uma cultura que geralmente apresenta elevada variabilidade espacial em sua produtividade, estando associada a resposta da cultura aos fatores abióticos, como: luz, água, temperatura, nutrientes e qualidade do solo. Em situações que os fatores abióticos são limitantes para o desenvolvimento da cultura, uma das práticas culturais que mais afeta a produtividade do milho é o arranjo de plantas, pelo fato de produzir uma espiga por planta e ao fato da sua elevada sensibilidade a competição intraespecífica. Intervenções no arranjo de plantas na lavoura podem ocorrer por meio de modificações na população e distribuição de plantas na fileira de semeadura e ainda pelo paralelismo de fileiras na semeadura (HORBE, 2014).

2 Sistema Plantio Direto

O sistema plantio direto (SPD) é reconhecido como uma das maiores revoluções econômicas e ambientais, atendendo as demandas da humanidade, discutidas entre as lideranças mundiais na COP (Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas). No consumo de combustível, o agricultor que adota o SPD reduz em torno de 42 litros de diesel por hectare para cada safra de grãos. Com base nas estimativas de 27 milhões de hectares sob SPD no Brasil, conclui-se que a agricultura deixa de consumir 1,13 bilhões litros de diesel para cada safra. Cada litro de diesel consumido em motores produz o equivalente a 2,68 kg de CO₂, que é liberado para a atmosfera (GASSEN, 2011).

Técnicas conservacionistas, como o SPD, mais difundida no país, maximizam a eficiência na utilização de insumos e combustíveis, pois a palhada formada na superfície do solo aumenta o teor de matéria orgânica que confere maior atividade microbiana, a retenção de umidade, a agregação do solo, a capacidade de troca catiônica, o potencial produtivo e, conseqüentemente, alcançando-se a sustentabilidade da área agrícola (PEIXOTO et al., 2011).

A cultura do milho é semeada, na maioria, sobre o SPD sendo o mesmo caracterizado pela rotação com várias culturas, de preferência altamente produtoras de biomassa e pela permanência de restos culturais na superfície do solo, os quais

serão revolvidos apenas na fileira de deposição de sementes e fertilizantes (REIS et al., 2007).

Segundo Fancelli e Favarin (2010), o SPD seria suficiente para justificar a sua implantação por ser uma das mais eficientes práticas de controle de erosão, pela reduzida desestruturação do solo e pela proteção da palhada. Este sistema de semeadura é importante para a conservação do solo e da água, permite menor uso de potência e mão-de-obra, reduz a temperatura do solo e o uso de combustível por unidade de área, melhora as condições físicas do solo e permite maior número de safras ao longo dos anos e o incremento do uso da terra, incorporando-se áreas com mais declives ao processo produtivo.

O sistema plantio direto é uma das mais eficientes estratégias para a melhoria da qualidade e do potencial produtivo do solo agrícola (AMADO et al., 2007). Pois a semeadura é realizada em solo coberto por palha e, portanto, com o mínimo de revolvimento da camada superficial do solo, tende a minimizar a formação de camadas compactadas no solo. Apesar disso, a utilização continuada do SPD pode resultar em aumento da densidade do solo (SECCO et al., 2004).

Segundo Carvalho et al., (2012) no SPD não há revolvimento do solo, e a densidade inicialmente tende a apresentar um maior estado de compactação do solo, em relação a lavouras que recebem algum tipo de revolvimento de solo denominado de preparo convencional, com o tempo isso pode ser minimizado.

Diferentemente do SPD, no preparo convencional do solo com equipamentos agrícolas, ocorrem alterações nas propriedades físicas, dependendo da intensidade do preparo, em que as principais alterações são evidenciadas pelo aumento da resistência a penetração e, conseqüentemente na densidade do solo, taxa de infiltração de água, tamanho de agregados e volume de macroporos (CAVENAGE et al., 1999; BEUTLER et al., 2001; CARVALHO et al., 2012). Considera-se, por outro lado, que a consolidação do SPD minimiza este efeito de compactação em função da proteção física da cobertura permanente, do aumento dos teores de matéria orgânica do solo e do efeito dos sistemas radiculares das plantas (RALISCH et al., 2008).

A manutenção de cobertura sobre o solo representa a diferença fundamental entre sistema plantio direto e convencional, sendo que os principais benefícios

compreendem o controle da erosão, menor variação da temperatura e da umidade do solo, maior eficiência agronômica e melhoria na dinâmica da matéria orgânica e estrutura do solo (FURLANI et al., 2007). Alguns estudos têm comprovado os benefícios da cobertura sobre as propriedades do solo e na produtividade das culturas (BOER et al., 2007; GAMA-RODRIGUES et al., 2007). No entanto, existe a dificuldade em se adequar as semeadoras-adubadoras para distribuir as sementes e fertilizantes de maneira uniforme e em posição adequada quando a deposição é realizada em altas quantidades de palhada sobre o solo, representando fator limitante à expansão do sistema (SILVA et al., 2000).

O emprego de sistemas de rotação de culturas, em especial no SPD, tem sido preconizado para o manejo físico, químico e biológico do solo. Do ponto de vista da física do solo, tem-se estimulado a adoção da rotação de culturas para manter e/ou aumentar os teores de matéria orgânica, criar poros biológicos, melhorar a estrutura e manter palha suficiente na superfície do solo. A bioporosidade criada pela atividade radicular e mesofauna do solo e a possibilidade das raízes de algumas culturas penetrarem camadas mais compactadas, têm sido o motivo de se considerar a rotação de culturas fundamental em SPD. Estratégias de manejo que mantêm ou adicionam carbono ao solo, têm bom potencial para a melhoria da qualidade física do solo para o crescimento das plantas (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2009).

O sistema plantio direto foi adotado pelos agricultores como forma de tornar seus sistemas mais sustentáveis, inicialmente como alternativa para o controle da erosão e perdas de água e solo (OLIVEIRA et al., 2012; PANACHUKI et al., 2011) e recentemente em busca da melhoria da qualidade (BAYER; FONTOURA, 2009) e do potencial produtivo dos solos agrícolas, objetivos estes não alcançados no sistema convencional. No entanto, esta melhoria não se manifesta de forma homogênea em toda área, pois em lavouras comerciais é possível verificar subáreas com diferentes níveis de qualidade e, portanto, com diferentes potenciais produtivos (AMADO et al., 2007). Já no caso da integração lavoura-pecuária quando se tem lavoura, produção de grãos e a produção animal há uma série de interações, sendo elas o pisoteio, a desfolhação e a produção de excrementos pelos animais, que afetam o sistema,

acentuando ainda mais a heterogeneidade da área (CARVALHO et al., 2010; SILVA et al., 2011).

3 Conjunto trator-semeadora-adubadora

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura cultivada em todo o território nacional, sendo ele utilizado tanto para a alimentação humana e ou animal, podendo, também, ser utilizado na forma de combustível alternativo em alguns países. No entanto, para que haja essa alta produção, é necessária a utilização de algumas máquinas e implementos agrícolas importantes tanto no preparo inicial do solo, quanto na irrigação, adubação, semeadura e na colheita (SILVEIRA et al, 2012).

A maior incidência de utilização da mecanização agrícola ocorre no preparo do solo, que tem o objetivo de otimizar suas condições para germinação das sementes e a instalação das culturas. Além disso, a seleção do método de preparo do solo e do equipamento a ser utilizado pode auxiliar o controle das perdas de água e solo (COELHO et al., 2012).

São denominadas semeadoras adubadoras de precisão as máquinas que realizam a semeadura e adubação de culturas de sementes graúdas, como o milho, cujas sementes são depositadas, uma a uma. A distância entre as sementes é teoricamente uniforme, sendo resultante do mecanismo dosador-distribuidor e do deslocamento da máquina. A variação do número de sementes na fileira deve ser pequena. No entanto, não existe uma precisão na colocação, ocorrendo variações nas posições das sementes na fileira dependendo das regulagens realizadas (SIQUEIRA et al., 2012).

Durante o uso da semeadura mecanizada, diversos fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas e na produtividade da cultura, sendo a velocidade de operação da máquina no campo, um deles. Este parâmetro pode influenciar, na patinagem dos rodados, capacidade de campo, velocidade do mecanismo dosador, distância, profundidade e exposição de sementes, ocorrência de espaçamentos duplos, e danos mecânicos (GARCIA et al., 2011).

O aumento de velocidade na operação de semeadura é um fator que interfere no estabelecimento de plantas, pois pode influenciar de forma negativa na redução da porcentagem de espaçamentos aceitáveis e aumenta o número de falhas durante a semeadura (SANTOS et al., 2011).

Silva e Gamero (2010) afirmam que a velocidade é um dos principais fatores que interfere na qualidade e na capacidade operacional durante a semeadura, devido a esses entraves os autores comentam que as semeadoras-adubadoras vêm sofrendo modificações no intuito de melhorar a eficiência de distribuição longitudinal das plantas.

Estudos apontam a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes como uma das características que mais contribuem para um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para a melhoria da produtividade das culturas (SANTOS et al., 2011).

O conhecimento do comportamento espacial da distribuição longitudinal de sementes no campo é importante para o refinamento das práticas de manejo e regulagens das semeadoras, como a definição da intensidade de amostragem para avaliação da semeadora, possibilitando reduzir o erro-padrão da média, maximizando a eficiência da amostragem e diminuindo a necessidade de mão-de-obra do trabalho (SANTOS et al., 2011).

Segundo Reis et al. (2003), as semeadoras-adubadoras são acionadas, na sua maioria, pelo rodado, o qual também é responsável pelo deslocamento do conjunto. Logo, o contato rodado-solo, bem como a velocidade de deslocamento do conjunto trator, tem relação direta com a eficiência das semeadoras.

Para Mello et al. (2007) admitindo-se a influência da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora na disposição da semente de milho na fileira de semeadura e respostas diferentes de tipos de híbridos para os componentes de produção de grãos, supõe-se que o aumento da velocidade desse conjunto resultará em efeito negativo nesses componentes e, também, que esse efeito seja mais evidente em híbrido simples.

A produção de milho assim como outras culturas, necessita de fatores favoráveis para o sucesso na hora da colheita como: genética, clima, implantação adequada da cultura época de semeadura, velocidade no momento da semeadura.

Porém a falta de conhecimento da velocidade ideal para a boa distribuição da semente por parte dos produtores e técnicos influencia o resultado desejado.

De acordo com Cortez et al. (2006a), as marchas do trator utilizadas na operação de semeadura proporcionam velocidades que podem ocasionar interferência na distribuição longitudinal de plântulas. Os cultivos de cobertura e o seu manejo podem influenciar pelas distintas condições da relação rodado-solo, que, por sua vez, poderá alterar as características físicas do solo como: resistência à penetração, densidade e teor de água. A velocidade de deslocamento e a regulação da semeadora, sendo inadequadas, podem proporcionar baixa população de plantas, acarretando em uma produtividade não desejada (SILVA, 2009).

Segundo Furlani et al. (2006), a elevação na velocidade de semeadura aumenta a demanda de tração. Os autores estudaram as velocidades de 4,6, 6,2 e 8,1 km h⁻¹ e cargas de fertilizante no reservatório de uma semeadora e concluíram que a maior potência exigida no motor foi observada na maior carga e velocidade. Estudaram ainda o consumo horário de combustível do trator, observando que o aumento nas velocidades e cargas, resultou em maior consumo de combustível.

4 Qualidade e sua utilização na operação mecanizada

O controle estatístico de qualidade (CEQ) ou também podendo ser denominado de controle estatístico de processo (CEP), é amplamente utilizado na área industrial para monitorar, avaliar e se necessário melhorar o desempenho da produção levando em consideração a confecção de itens conformes e não conformes em determinadas linhas ou processo produtivos (VOLTARELI, 2013).

A manutenção e a melhoria da qualidade são determinantes para o sucesso de qualquer sistema produtivo, principalmente no que se refere às operações mecanizadas que sofrem elevados índices de variabilidade devido à presença de fatores não controláveis. Um processo pode ser definido como qualquer combinação mão-de-obra, matéria-prima, métodos, medição, máquinas e ambiente, que colaboram e interagem de certa forma para atingir a qualidade de determinado produto ou serviço (SAMOHYL e ALVES, 2005). Desta forma, de acordo com Souza

(2003), pode-se afirmar que a variação ou a dispersão, denominada variabilidade, encontram-se presentes em todos os processos produtivos de bens ou serviços, podendo ser quantificadas por atributos ou variáveis.

Segundo Western Electric (1956) o controle estatístico de qualidade seria uma forma de estudo das características quanti- qualitativa de um processo, com o auxílio de números, tendo uma base matemática, de maneira a fazê-lo comportar-se da forma desejada atendendo aos limites de especificações estipulado, bem como manter a produção de itens conformes o mais longo período de tempo possível.

De acordo com Montgomery (1997; 2009) a utilização deste tipo de análise torna-se fundamental para verificar o monitoramento e redução da variabilidade dos processos produtivos, aumentando assim a qualidade dos itens de produção final. Em afirmação Montgomery (2004) reitera que a redução da variabilidade é uma quantificação inversamente proporcional ao aumento da qualidade das operações ou processos a serem desempenhados.

As operações agrícolas quando executadas fora dos padrões de qualidade estabelecidos pode influenciar na continuidade do processo. O controle da qualidade deve ser feito por meio de um conjunto de procedimentos, que promovam serviços e resultados, atendendo às exigências das máquinas e dos processos (PECHE FILHO, 1994). De acordo com Hessler, Camargo e Dorion (2009) um processo produtivo bem planejado e monitorado cuidadosamente, sempre existirá a variação natural, decorrente de causas comuns (aleatórias), constatando-se a estabilidade do mesmo.

Ainda sobre a questão da variabilidade decorrentes dos processos, quando utilizamos o controle estatístico para minimizar as mesmas, tem-se: a variabilidade de causas comum ou aleatórias sendo inerentes ao processo e as causas especiais ou não-comuns que podem e devem ser diagnosticadas a fim de a qualidade da operação se mantenha nos padrões desejados. Por fim quando o processo é considerado sob controle estatístico, significa que a mesma esta sofrendo apenas variação de causas comuns às quais são dificilmente eliminadas (RAMOS, 2003; VEIT, 2003).

As semeadoras adubadoras desempenham papel fundamental na agricultura. Especificamente, através das semeadoras-adubadoras são criadas as condições

para que a semeadura do milho seja feita de maneira mais rápida e precisa, já que o sucesso da cultura está relacionado com sua correta implantação (SIQUEIRA et al., 2012).

Quando se pesquisam diferentes mecanismos de distribuição de sementes em diferentes condições técnicas, operacionais e ambientais, supõe-se que a quantificação da média da distância ou a distância média entre as plantas, é importante; entretanto, a distância média não é suficiente para avaliar a qualidade final da instalação da semeadura e, neste sentido, a quantificação da variabilidade espacial e a formação de falhas e de plantas duplicadas no sulco de semeadura, também são imprescindíveis (STORCK et al., 2015)

Sobre os equipamentos dosadores de sementes e fertilizantes, pode-se afirmar que a maioria é acionada pelo rodado, que também é responsável pelo deslocamento do conjunto. A eficiência desses mecanismos tem relação direta com as condições de contato rodado-solo, principalmente quando se fala em patinagem do rodado e velocidade operacional do conjunto trator-semeadora. A velocidade operacional ideal de semeadura é aquela em que o sulco abre e fecha sem remover exageradamente o solo e que permite a distribuição das sementes com espaçamento e profundidades constantes. A uniformidade de distribuição das sementes é uma das características que mais contribui para a obtenção de estandes de plantas satisfatórios e boa produtividade das culturas. Na semeadura mecanizada, diversos fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas e, frequentemente, na produtividade da cultura, dentre os quais se destacam a velocidade de operação da semeadora e a profundidade de deposição do adubo no solo, independentemente do tipo de mecanismo dosador (SILVA et al., 1992).

De acordo com PAULI et al. (2009) é muito complicado determinar todos os fatores que influem nas operações agrícolas, por isso é necessário buscar fatores que melhorem a eficiência e eficácia dessas operações, desse modo o uso de ferramentas de qualidade é necessário para garantir o desempenho adequado do processo em função dos fatores críticos.

Segundo Furlani et al. (2008), o aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura pode interferir no desempenho da máquina. Além disto,

contato rodado-solo, bem como a velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora tem relação direta com a eficiência das semeadoras.

A semeadora desempenha papel fundamental na produtividade do milho, pois corta a palhada, promove o rompimento do solo na fileira de semeadura, deposita a semente em profundidade adequada e possibilita a precisão na distribuição de semente (SANTO et al., 2008). Segundo Tourino (1986), a precisão na distribuição da semente ao longo do sulco de semeadura, junto com uma correta deposição do adubo, são alguns dos principais fatores relacionados à baixa produtividade.

Na agricultura de precisão (AP) é possível identificar e quantificar a variabilidade espacial dos principais fatores de produção, possibilitando realizar intervenções localizadas (manejo sitio específico) em função da necessidade específica do local. Neste sentido, o ajuste da população de plantas em função da oferta ambiental de cada sítio específico, pode ser utilizado para potencializar a produtividade da cultura e reduzir esta variabilidade. No entanto, na AP tão importante quanto o ajuste da população de plantas aos sítios específicos é a distribuição regular (equidistância) das sementes na fileira de semeadura, que irão resultar no ótimo arranjo espacial de plantas na lavoura (HORBE, 2014).

III MATERIAL E MÉTODOS

1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP/Jaboticabal, no Estado de São Paulo, no período de fevereiro a julho de 2013, localizada nas proximidades das coordenadas geodésicas 21°14' S e 48°16' W, com altitude média de 568 m e declividade média de 4% (Figura 1). O solo da área foi classificado por Andrioli e Centurion (1999) como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico, A moderado, textura argilosa e relevo suave ondulado, segundo classificação da Embrapa (2006).



Figura 1. Imagem aérea da área experimental. (Fonte: google Earth 2015).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual em torno de 22,2 °C. A amplitude térmica anual com temperatura média no mês mais frio em torno de 18 °C e a temperatura mais quente em torno de 32 °C. Esta região apresenta precipitação pluviométrica média anual de 1453 mm. Os dados climatológicos do ano de realização do experimento encontram-se na Figura 2.

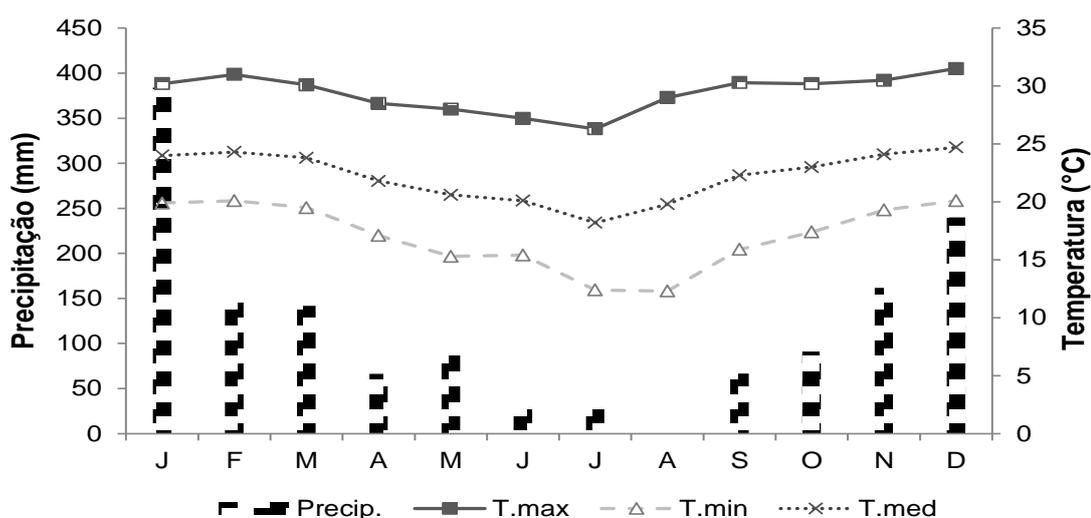


Figura 2. Dados meteorológicos da precipitação pluviométrica e temperatura máxima, mínima e média, durante a condução do experimento no ano de 2013. (Fonte: Departamento de Ciências Exatas da FCAV – UNESP, Jaboticabal).

2 Análise granulométrica e química do solo

As análises granulométrica e química do solo (Tabela 1) foram realizadas em amostras da profundidade de 0 a 0,2 m, coletadas antes da implantação do experimento no ano agrícola 2012.

Tabela 1. Análise granulométrica e química do solo da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m, em Jaboticabal, SP.

Profundidade (m)	Argila	Silte	Areia		Classe Textural					
			Fina	Grossa						
(g kg ⁻¹)										
0 - 0,2	481	291	116	112	Argiloso					
	pH	M.O	P.resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)			(%)			
0 - 0,2	5,6	24	48	3,3	47	24	25	74,3	99,3	75

* M.O: matéria orgânica; SB: soma de bases; T: CTC; V: saturação por bases.

3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2, com 40 repetições dentro dos blocos, perfazendo o total de 160 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos por dois mecanismos de controle de profundidade da unidade de sementes (Mecânico e Pneumático), acoplados a um protótipo do mecanismo da semeadora (Figura 3), e duas velocidades médias de deslocamento ($5,1 \text{ km h}^{-1}$ e $6,2 \text{ km h}^{-1}$).

O sistema pneumático de controle de profundidade da unidade de sementes é composto por um compressor de ar acionado eletricamente (Figura 3C) e por bolsas pneumáticas individuais em cada fileira de semeadura (Figura 3A), as quais foram reguladas para trabalhar com a pressão de 300 kPa, em uma faixa de 100 à 500 kPa.

A área total do experimento foi de aproximadamente um ha, e cada parcela ocupou uma área de 55 m^2 , com 10 m de comprimento por 5,5 m de largura, com uma passada do conjunto trator-semeadora (no sentido longitudinal), com área útil de avaliação representada por três metros das quatro fileiras centrais (Figura 4). Cada parcela foi constituída de 11 fileiras de milho, espaçadas de 0,5 m. A cultura do milho foi implantada em Sistema Plantio Direto, com 11 anos de cultivo, sob palhada da cultura de soja (1780 kg ha^{-1}), utilizando sementes do híbrido simples precoce de marca comercial DKB 390 VT PRO2, da empresa Monsanto®, com adubação de 330 kg ha^{-1} (NPK 8-20-20) de acordo com a recomendação para a cultura e análise do solo (RAIJ et al., 1997). A adubação de cobertura do milho foi realizada no estágio V4, com 200 kg ha^{-1} de uréia.

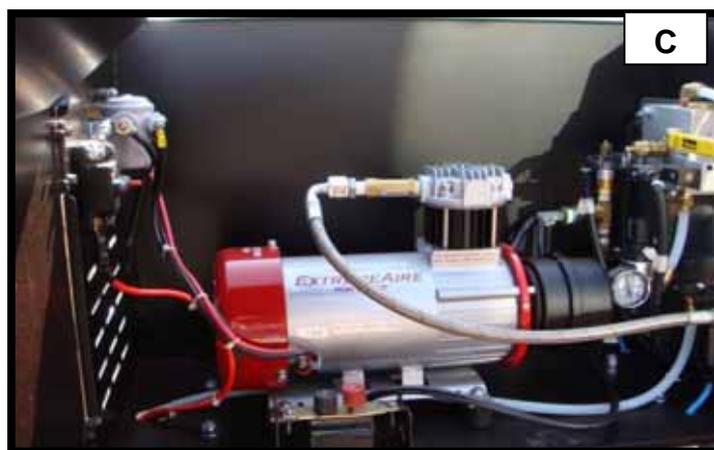


Figura 3. Mecanismos de controle de profundidade da unidade de sementes. Pneumático (A) e Mecânico (B), e compressor de ar (C).

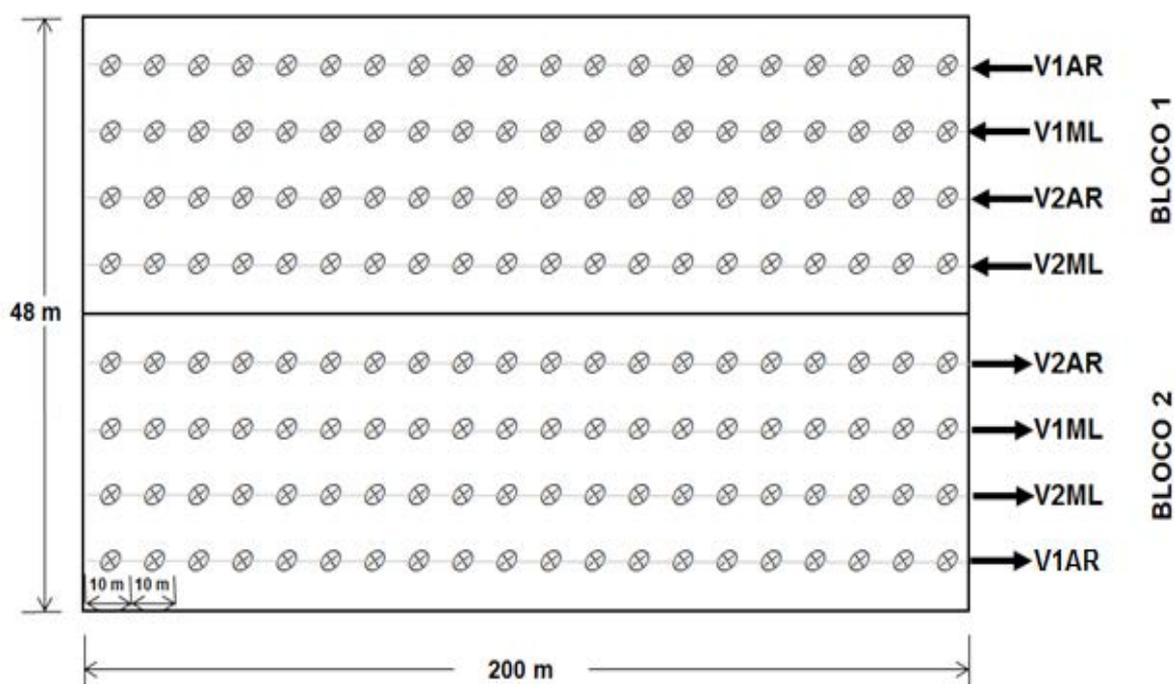


Figura 4. Croqui da área experimental com distribuição das parcelas e tratamentos no campo.

Legenda:

V1 – Velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$;

V2 – Velocidade de $6,2 \text{ km h}^{-1}$;

AR – Mecanismo à pneumático;

ML – Mecanismo à mecânico; e

➔ – Sentido de semeadura; e

⊗ – Local de amostragem.

4 Máquinas e equipamentos utilizados

4.1 Trator

O trator utilizado para a semeadura mecanizada foi da marca John Deere, modelo 7505, equipado com um motor JD modelo 6068T, série 350 de 6 cilindros em linha, cilindrada de 6,8 L, 4x2 TDA, com potência no motor de 103 kW (140 cv) a 2.100 rpm, com pneus dianteiros 18.4-26, e traseiros 24.5-32 (Figura 5).



Figura 5. Trator utilizado no experimento.

4.2 Semeadora-adubadora

Para o processo de semeadura foi utilizada a semeadora-adubadora (Protótipo) de precisão da marca Jumil, modelo JM3090PD EXACTA, com chassi monobloco para sistema de arrasto, equipada para o SPD, com unidade de sementes pantográfica, sistema de deposição de sementes pneumático, discos duplos desencontrados para deposição das sementes e haste sulcadora para a abertura do sulco de deposição do adubo e rodas compactadoras duplas em “V”, operando com 11 fileiras de semeadura espaçadas de 0,5 m, com largura útil de 5,5 m e profundidade de semeadura de 0,05 m (Figura 6).



Figura 6. Semeadora-adubadora utilizada.

4.3 Sistema de aquisição de dados

Para realizar a aquisição e armazenamento dos dados referentes à variável, consumo de combustível, analisada durante a condução do experimento, foi utilizado um sistema composto por *Micrologger CR23X* de marca Campbell Scientific Inc (Figura 7), programado para obter dados na frequência de 1 Hz, sendo posteriormente transferidos via porta de comunicação serial para computador. Os sensores foram alimentados por bateria auxiliar montada ao sistema.



Figura 7. Sistema de aquisição de dados utilizado.

4.4 Fluxômetro

Para determinação do consumo horário de combustível, utilizou-se um sistema composto de dois conjuntos de medição sendo, um para a alimentação da bomba injetora e o outro de retorno. Cada conjunto contém um medidor de fluxo da marca Oval Corporation, modelo Flowmate LSN 48, com precisão de 1% sobre a vazão nominal, vazão máxima de 100 L h^{-1} e um sensor de temperatura do tipo resistivo, modelo PT 100 (Figura 8), (resistência de 100 ohms a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Os valores de fluxo de combustível foram obtidos em mL conforme descrito por LOPES et al. (2003)

O consumo de combustível foi determinado em todas as parcelas experimentais em unidade de volume (mL), por meio da diferença entre os volumes de combustível medidos antes da bomba injetora e no retorno, obtendo-se assim, o

volume realmente utilizado pelo trator durante o percurso. De posse desses dados, determinaram-se os consumos horário e operacional de combustível.



Figura 8. Medidor de consumo horário de combustível utilizado no experimento.

5 Avaliações realizadas

5.1 Área mobilizada, largura e profundidade do sulco

Após a operação de semeadura, realizou-se a abertura do sulco de forma manual até encontrar a resistência do solo não mobilizado, sendo possível modelar o sulco. As variáveis avaliadas foram:

- **Largura e profundidade do sulco:** estas avaliações foram realizadas com a ajuda de um perfilômetro constituído de 45 varetas, espaçadas de 0,01 m e altura máxima de 0,3 m (MAHL, 2002). Ao fundo do equipamento colocou-se um quadro de linhas na horizontal com espaçamento de 0,005 m para facilitar a leitura, sendo a mesma analisada por imagens fotográficas, com quatro repetições por parcela experimental nas quatro linhas centrais (Figura 9). O posicionamento da extremidade superior das varetas copia a forma geométrica do sulco, podendo-se então realizar as leituras. A largura foi definida da primeira até a última vareta a qual, ao caírem no solo, apresentaram medidas distintas. A profundidade máxima foi definida pela média das três varetas que apresentaram maior medida.
- **Área mobilizada do sulco:** após as leituras das imagens fotográficas os dados foram lançados em uma planilha eletrônica do programa Microsoft Excel®, em que

se obteve a área da seção transversal de solo mobilizada pela haste sulcadora, em cm^2 , resultante da integral da regra do trapézio (RUGGIERO; LOPES, 1996), de acordo com a equação 1:

$$\int_{xi}^{xm} f(x)d(x) = \frac{h}{2}(x_1 + x_m + 2 \cdot x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}) \quad (1)$$

em que:

\int = integral numérica para área mobilização do solo;

h = distância entre as varetas do perfilômetro (1 cm); e

$f(x)$ = valor das leituras das varetas (cm).



Figura 9. Perfilômetro de varetas para determinação da mobilização do solo.

5.2 Consumo horário de combustível

Com base no volume consumido de combustível (descrito no item 4.5) e no tempo de percurso em cada parcela, foi determinado o consumo horário de combustível (Equação 2):

$$Ch = \left(\frac{Va - Vr}{t} \right) \times 3,6 \quad (2)$$

em que:

Ch = consumo horário de combustível (L h^{-1});

Va = volume de alimentação de combustível na entrada da bomba injetora (mL);

Vr = volume total retornado dos bicos e da bomba injetora (mL);

t = tempo de percurso na parcela (s); e

3,6 = fator de conversão.

5.3 Consumo operacional combustível

O consumo operacional de combustível foi calculado com base no consumo horário e na capacidade de campo operacional, sendo expresso em $L ha^{-1}$ (Equação 3). A capacidade operacional foi determinada pelo produto da velocidade pela largura de trabalho da semeadora, considerando-se 65 % de eficiência.

$$Co = \frac{Ch}{Cco} \quad (3)$$

em que:

Co = consumo operacional de combustível ($L ha^{-1}$);

Ch = consumo horário de combustível ($L h^{-1}$); e

Cco = capacidade de campo operacional ($ha h^{-1}$).

5.4 Teor de água no solo

No momento da semeadura, foram coletadas amostras de solo em um ponto por parcela, para determinação do teor de água, com auxílio de trado holandês (Figura 10a), nas profundidades de 0-0,1 e 0,1-0,2 m. As amostras foram acondicionadas em recipientes de alumínio e posteriormente levadas para secagem em estufa elétrica, regulada à temperatura de 105 °C até obter massa constante (Figura 10b), possibilitando o cálculo do teor de água segundo o método gravimétrico padrão descrito em Embrapa (1997). Para o cálculo foi utilizada a Equação 5. Os resultados do teor de água no solo na camada de 0,00 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m foram 23,3 e 23,4%, respectivamente.

5.5 Profundidade da semente

Após a operação de semeadura, realizou-se a abertura do sulco de forma manual cuidadosamente até encontrar a semente. Sendo aferida com auxílio de duas régua graduadas, uma colocada até a semente no sulco de semeadura e

outra em paralelo com a anterior no nível do solo. As avaliações foram realizadas na área útil de cada parcela.

5.6 Número médio de dias para emergência das plântulas

Avaliou-se o número médio de dias para a emergência das plântulas de milho, com a contagem diária, considerando-se qualquer parte das plântulas visíveis sobre o solo, até a estabilização, em três metros nas quatro fileiras centrais de cada parcela (Figura 10), calculado de acordo com a equação (6) de Edmond e Drapala (1958).

$$NMDE = \sum_{i=1}^n \frac{N_i \cdot G_i}{G_i} \quad (6)$$

Em que:

$NMDE$ = número de dias para emergência de plântulas de milho;

N_1 = número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

G_1 = número de plântulas emergidas na primeira contagem;

N_2 = número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem de plântulas;

G_2 = número de plântulas emergidas entre a primeira e segunda contagem;

N_n = número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas:

G_n = número de plântulas emergidas entre a penúltima e última contagem.



Figura 10. Emergência das plântulas após a semeadura.

5.7 Distribuição longitudinal das plântulas

A distribuição longitudinal das plântulas na fileira de semeadura foi determinada mediante a mensuração da distância entre todas as plantas existentes numa faixa de 3 m, nas quatro fileiras centrais de cada parcela, sendo o espaçamento entre plântulas medido com trena graduada (Figura 11).



Figura 11. Medição dos espaçamentos entre plantas para determinação da distribuição longitudinal no campo.

Os espaçamentos entre as plântulas (X_i) foram analisados mediante classificação proposta por Kurachi et al. (1989), determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes às classes: normal ($0,5 X_{ref} < X_i < 1,5 X_{ref}$), múltiplo ($X_i < 0,5 X_{ref}$) e falho ($X_i > 1,5 X_{ref}$), baseado em espaçamento de referência (X_{ref}) de acordo com a regulação da semeadora, sendo X_{ref} igual á 29,4 cm para densidade de semeadura de 3,4 sementes m^{-1} .

5.8 População inicial, final e sobrevivência de plantas

Considerou-se como população inicial o número de plântulas emergidas no último dia da avaliação do número médio de dias para emergência, após a estabilização. Os valores foram convertidos para plantas por hectare.

A população final foi obtida no mesmo local da contagem do número médio de dias para emergência, realizada no dia da colheita. Os valores foram convertidos em plantas por hectare. Pela diferença entre a população final e a inicial foi possível determinar a porcentagem de sobrevivência de plantas.

5.9 Altura de inserção da espiga, altura de plantas e diâmetro do colmo

Avaliou-se a altura de inserção da espiga viável com o uso de trena graduada em milímetros, medindo-se do nível do solo até o ponto de inserção da mesma. Para a variável altura de plantas, mediu-se do nível do solo até o ponto de inserção da folha bandeira (Figura 12a), enquanto que o diâmetro do colmo foi obtido com o uso de paquímetro digital com precisão de 0,1 mm (Figura 12b). As medições foram realizadas aos 120 dias após a semeadura da cultura do milho. O diâmetro médio do colmo (formato elíptico), foi obtido por meio da medição do maior e menor diâmetro, no internódio situado acima do primeiro nó das raízes adventícias. Os dados de altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas e diâmetro do colmo foram obtidos no mesmo local da contagem do número médio de dias para emergência, em cinco plantas seguidas nas quatro fileiras centrais da parcela (5 plantas por fileira).

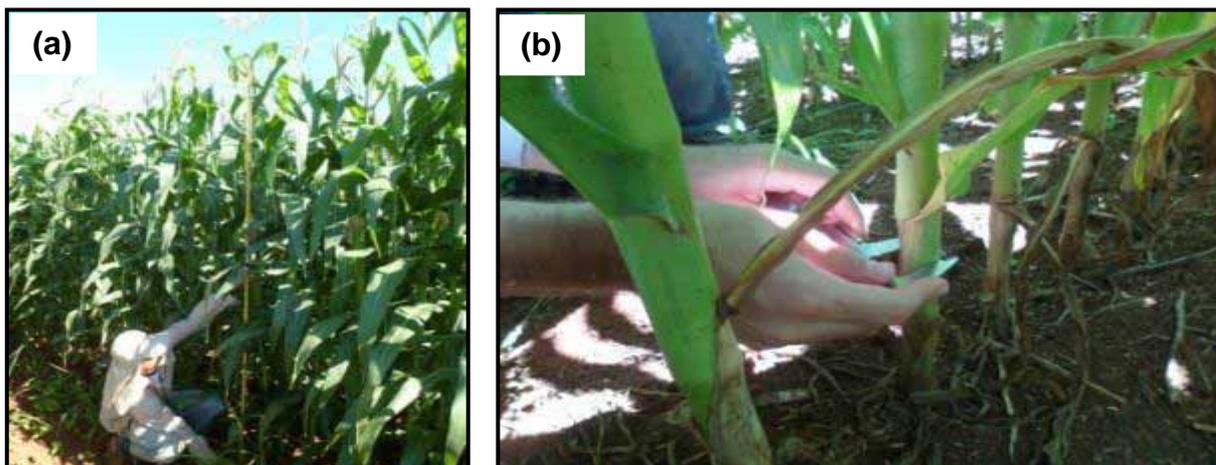


Figura 12. Altura das plantas (a), e diâmetro do colmo (b) aos 120 dias.

5.10 Produtividade de grãos e matéria seca da parte aérea do milho

Para a variável produtividade dos grãos, foram colhidas manualmente as espigas dos três metros de cada fileira, nas quatro fileiras centrais de cada parcela, após o momento em que a cultura atingiu o ponto de maturação fisiológica e teor de água próximo de 18%. As espigas foram trilhadas em máquina estacionária (Figura 13) e determinou-se a massa de grãos, a qual foi corrigida para 13% de teor de água. Os valores obtidos foram transformados em kg ha^{-1} . A massa de matéria seca foi determinada, após a colheita, recolhendo-se todo o material vegetal encontrado dentro de uma armação metálica de lados iguais ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$) com uma área de $0,25 \text{ m}^2$. Essa armação foi lançada ao acaso em cada parcela, o material foi separado e seco em estufa a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ por um período de 72 horas, depois de seco esse material foi verificada a massa separadamente e transformados em kg ha^{-1} .

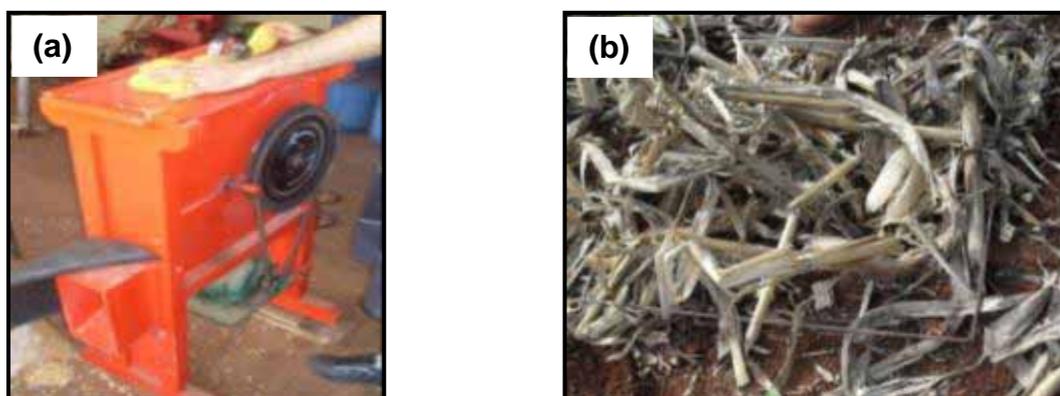


Figura 13. Máquina trilhadora estacionária (a), e armação para coleta de massa seca.

6 Análise estatística

6.1 Controle estatístico de processo (CEP)

Para a utilização das ferramentas de controle estatístico de processo cada repetição foi tratada como um valor individual, ponto a ponto, a fim de verificar a variabilidade pontual e a existente ao longo da operação. Para a construção dos gráficos sequenciais e das cartas de controle para valores individuais e de amplitudes móveis foram utilizados todos indicadores de qualidade da operação da semeadura mecanizada do milho (variáveis analisadas), independentemente da sua suposição de normalidade (MONTGOMERY, 2000).

Para avaliar a qualidade da operação de semeadura, utilizou-se de cartas de controle para valores individuais e amplitude móvel entre pontos, geradas pelo programa computacional MINITAB[®] 14, que avalia se o processo está sob controle. Quando o mesmo encontra-se fora de controle, algum ponto ou valor amostral é maior que três vezes o desvio-padrão da média, ou seja, está fora dos limites de controle. As cartas de controle apresentam como linha central a média geral e a amplitude média, respectivamente, e limites superior e inferior de controle, definidos como LSC e LIC, calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio-padrão, e para LIC, média menos três vezes o desvio, quando maior que zero).

Um processo sob controle ou também denominado como estável, demonstra somente variação aleatória, dentro dos limites (superior e inferior) de controle tanto das cartas de valores individuais como nas de variação do processo (amplitudes móveis). Já processo que se encontra fora com pontos além dos limites de controle inferior e superior, demonstra variação devido a causas especiais, não assinaláveis ou não aleatórias, extrínsecas ao processo.

As cartas de controle de valores individuais e de amplitudes móveis apresentam as médias dos indicadores de qualidade em cada ponto avaliado apresentando como linha central a média dos pontos e os limites inferior e superior de controle (LIC e LSC) (Figura 14).

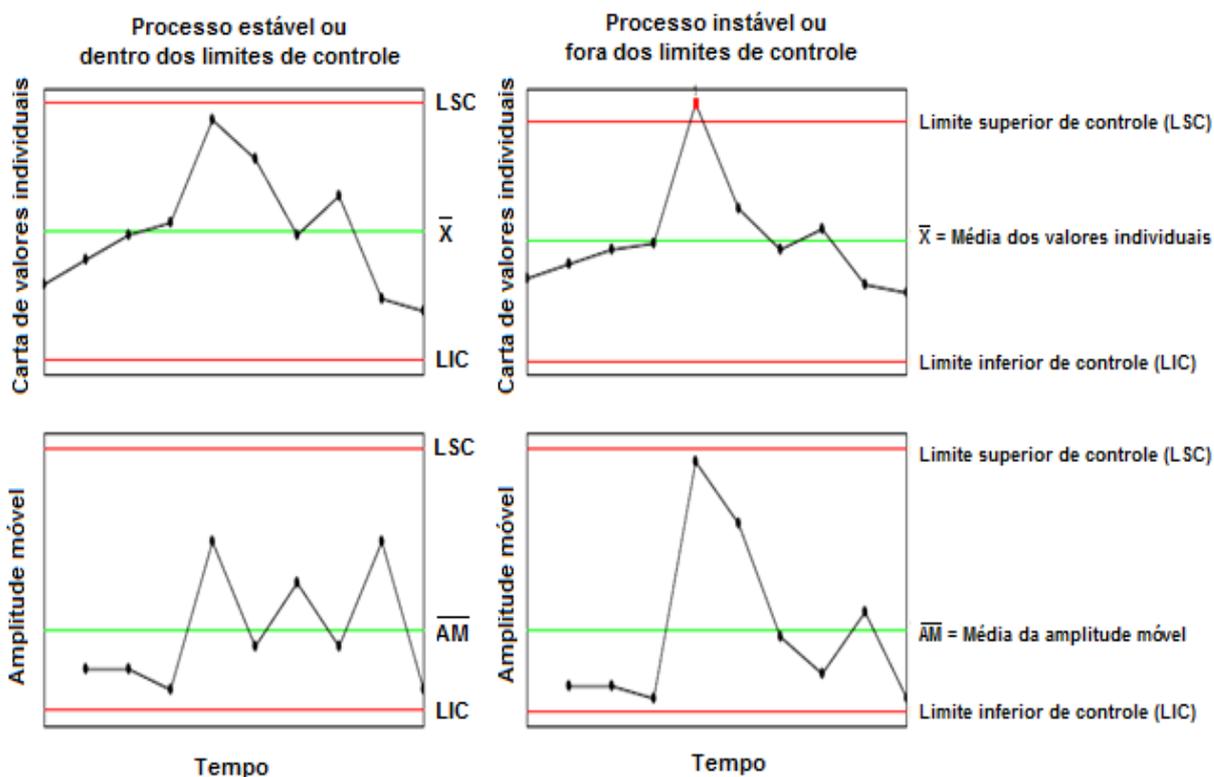


Figura 14. Modelo de cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel.

O modelo de carta de controle selecionado foi Individual – Amplitude Móvel (I–MR), por representar as observações individuais, com a variação obtida pela amplitude calculada entre duas observações sucessivas, pressupõe-se que demonstre melhor a variação do processo nestes casos. Assim, evita-se utilizar as médias dos dados, o que omitiria ou não representaria a real situação do processo (MONTGOMERY, 2009).

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 Mobilização do solo e consumo de combustível do conjunto trator-semeadora/adubadora

Observando-se os indicadores de qualidade para a área mobilizada do solo, observa-se que apenas para velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$ no mecanismo pneumático apresentou o processo como sendo estável, tanto para as cartas de valores individuais quanto para as de amplitude móvel. Observa-se também, que para o mecanismo citado, houve maior média de área mobilizada do solo quando comparado com os outros tratamentos, fato explicado possivelmente pela menor velocidade do conjunto trator-semeadora aliado ao mecanismo pneumático, pois este proporcionou menor variação de profundidade, seja maior ou menor. Nota-se ainda, que o mecanismo de controle de profundidade da semente mecânico, ainda na mesma velocidade, apresentou os valores da carta individual dentro dos limites de controle, entretanto na carta de amplitude a observação número 100 ultrapassou o limite superior de controle, tornando o processo instável (Figura 15a).

Cepik et al. (2005) constataram que, trabalhando com velocidades de semeadura, profundidade de atuação dos mecanismos sulcadores e consistência dos solos, o aumento de velocidade de $4,5$ para $6,5 \text{ km h}^{-1}$, em condições de solo friável, propiciou diferença no volume de solo mobilizado com elevação de 12% na mobilização; os autores verificaram, ainda, valores acentuados de mobilização quando da interação de maiores velocidades e profundidades testadas. Diferente dos resultados deste trabalho, que diminuiu a área mobilizada do solo em torno de 50% para o mecanismo de pressão pneumático com o aumento da velocidade do conjunto mecanizado trator-semeadora, podendo ainda ser explicado que com o aumento da velocidade, mais os mecanismos da semeadora são arrastados por sobre o solo sem aprofundá-los.

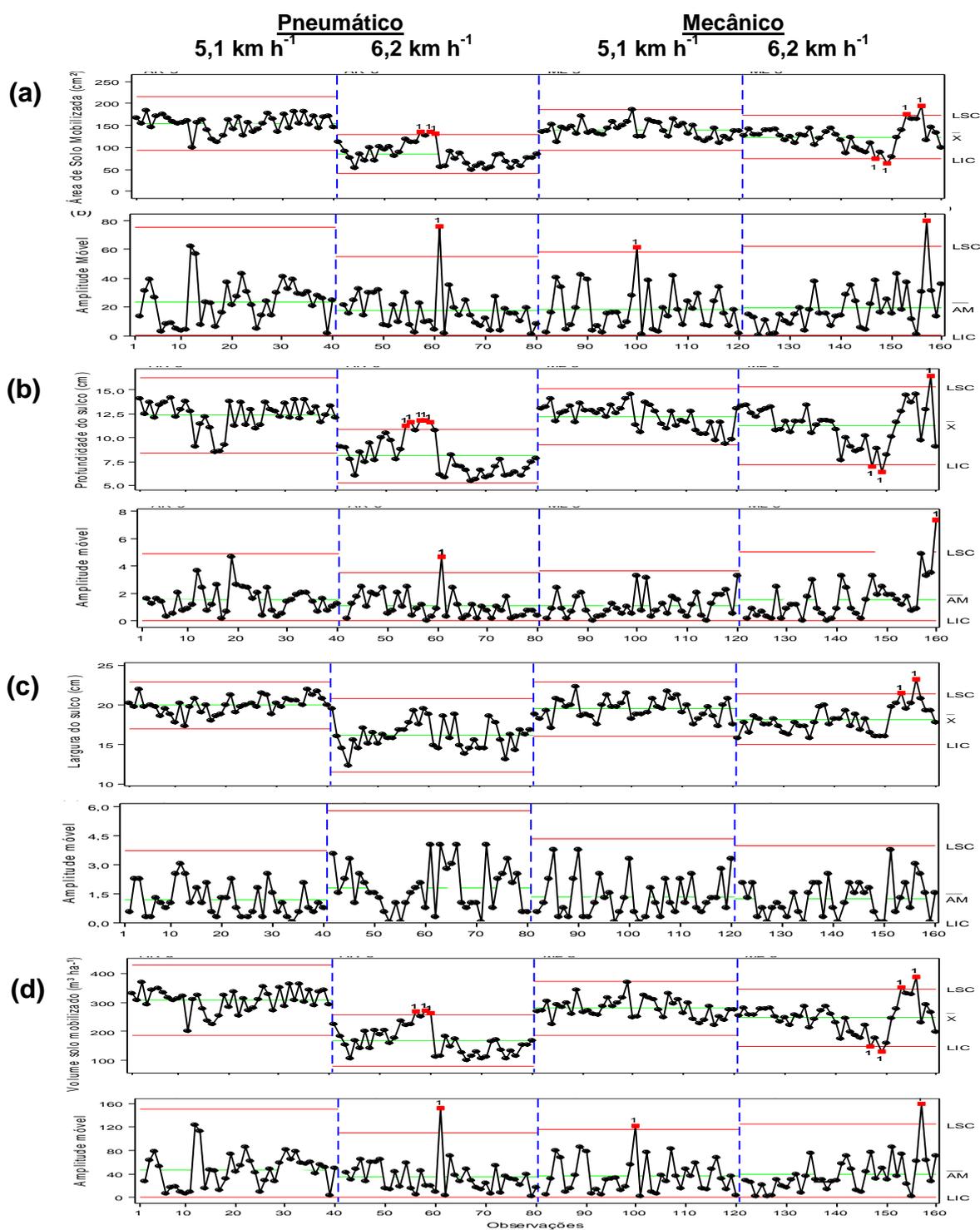


Figura 15. Cartas de controle para área de solo mobilizada (a), profundidade (b), largura (c) e volume de solo mobilizado do sulco (d) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.

Trabalhando com manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação (4,5 e 7 km h⁻¹) em semeadura, Trogello et al. (2013), observaram que não houve influência dos tratamentos na área de solo mobilizada, fato atribuído ao adequado funcionamento do disco de corte da palhada, o qual vem à frente das hastes sulcadoras e foram lubrificadas e amoladas anteriormente à instalação do experimento.

A variável profundidade do sulco de semeadura apresentou-se dentro dos limites de controle de processo na velocidade de 5,1 km h⁻¹ nos dois mecanismos de controle de profundidade da semente (Figura 15b). Na maior velocidade, ocorreram variações das observações além dos limites de controle das cartas, o que aumentou a variabilidade do processo, podendo este estar relacionado ao fator ambiental solo, possivelmente alguns locais da área apresentaram maior ou menor resistência mecânica do solo à penetração. O que pode-se também observar na semeadura a 5 km h⁻¹, é que quando se utiliza o mecanismo pneumático a variação da profundidade fica sempre bem próxima à média, o que no mecanismo mecânico não acontece, ou seja, a metade dos primeiros pontos deste mecanismo (81 a 99) basicamente estão acima da média e os demais (100 a 120) ficam, em sua maioria, abaixo da média. Isso também pode ser observado na velocidade de 6,2 km h⁻¹, que apesar da amplitude maior, observa-se menor variação no mecanismo pneumático.

Para a carta de controle da variável largura do sulco de semeadura (Figura 15c), observa-se que excetuando-se o tratamento da velocidade de 6,2 km h⁻¹ para o mecanismo mecânico, todos os outros estiveram sobre controle de processo. Sendo que o que apresentou menor variabilidade e maior largura média do sulco foi na velocidade de 5,1 km h⁻¹ para o mecanismo pneumático.

Quando existe variação da profundidade de deposição de sementes no sulco, pode ocorrer atraso na germinação e emergência das plântulas das sementes depositadas em maior profundidade e em consequência, a lavoura tem diferentes estádios de desenvolvimento simultaneamente. Endres e Teixeira (1997) relataram a importância da uniformidade de distribuição espacial das plantas nas fileiras de semeadura, afirmando que espaços não preenchidos ou adensados pela queda de múltiplas sementes, ocasionam maiores perdas devido à competição entre as plantas.

O desempenho operacional e energético das máquinas semeadoras-adubadoras segundo Mahl (2006) é avaliado pela capacidade de campo efetiva, demanda de força de tração e de potência, consumo de combustível e patinagem das rodas motrizes. O consumo de energia nas operações agrícola pode variar de acordo com o tipo de solo, a condição de cobertura, o sistema de semeadura adotado, e o maquinário (SILVEIRA, 2008), sendo que nessa pesquisa não foi observado grandes alterações de acordo com as velocidades de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora e mecanismos de controle da profundidade da semente.

Segundo Garcia et al. (2011) com o aumento da velocidade de deslocamento, houve aumento na patinagem dos rodados da semeadora, na capacidade de campo efetiva, na profundidade de semeadura, na velocidade periférica do disco dosador de sementes e, na ocorrência de espaçamentos duplos. Observou-se decréscimo no número de sementes distribuídas por metro e sementes expostas com o aumento da velocidade de deslocamento.

Não obstante da área de solo mobilizada, o volume de solo mobilizado por unidade de área, acompanhou o mesmo comportamento para a variável em destaque. Apresentando sob controle apenas para a velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$ no mecanismo pneumático, com média de volume de solo mobilizado passando dos $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Em todos os outros tratamentos, para carta de amplitude móvel, ocorreu a saída de uma observação do limite superior de controle(Figura 15d).

Com relação à variável consumo horário de combustível, nota-se que todos os tratamentos apresentaram-se fora de controle para a variável de consumo horário de combustível do conjunto mecanizado trator-semeadora. Na carta de controle individual somente o mecanismo mecânico na velocidade de $6,2 \text{ km h}^{-1}$, apresentou as observações dentro dos limites. Infere-se também, que ao aumentar a velocidade do trator-semeadora, elevou-se a média de consumo horário de combustível em aproximadamente dois litros por hora (Figura 16a).

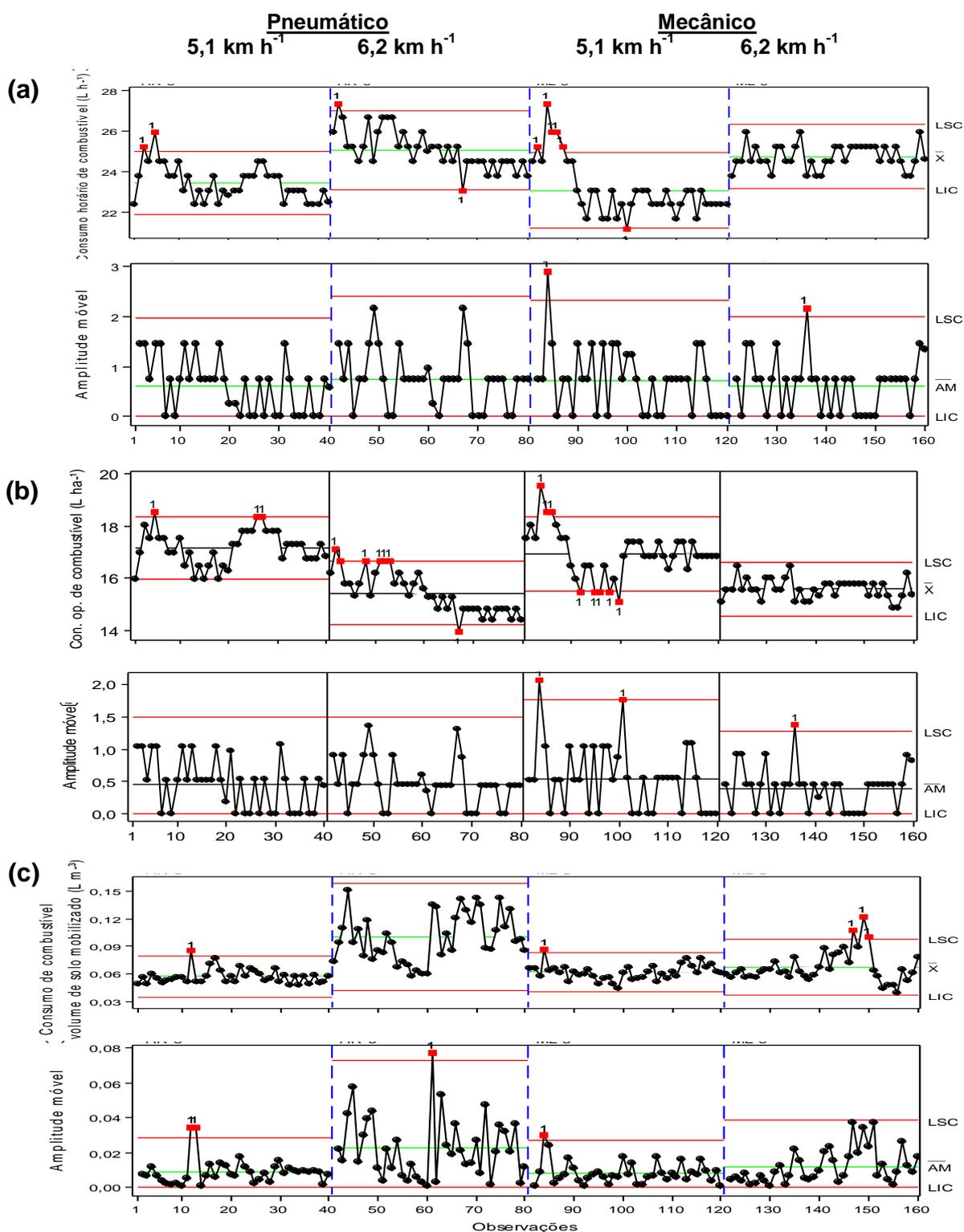


Figura 16. Cartas de controle para consumo horário de combustível (a), consumo efetivo de combustível (b) e consumo de combustível por volume de solo mobilizado (c) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.

Oliveira et al. (2000) observaram diferença significativa no consumo horário de combustível ao variar a velocidade de deslocamento. Também houve diferença significativa para o consumo operacional, em que o maior foi verificado na velocidade de 5 km h^{-1} . Esse valor na menor velocidade justifica-se pela redução da capacidade operacional do conjunto trator-semeadora em relação à maior velocidade. Comportamento semelhante também foi encontrado por Mahl e Gamero (2003).

Para Borsatto (2005), a velocidade ($6,3 \text{ km h}^{-1}$) foi maior quando a semeadora esteve equipada com quatro fileiras espaçadas de $0,9 \text{ m}$, comparada com as sete fileiras de $0,45 \text{ m}$ ($5,8 \text{ km h}^{-1}$). O espaçamento de $0,9 \text{ m}$ proporcionou o menor consumo horário ($12,9 \text{ L h}^{-1}$) e o menor consumo por área ($5,66 \text{ L ha}^{-1}$). O consumo horário e consumo por área para o sistema plantio direto foi de ($13,35$ e $6,62 \text{ L ha}^{-1}$). No presente trabalho, verificou-se aumento gradativo do consumo horário de combustível, próximo de 9% , com o aumento da velocidade para os dois mecanismos de pressão da roda do disco duplo da semente, com médias respectivas para as velocidades testadas de 23 e 25 L h^{-1} .

Mahl (2006) encontrou 12% de aumento no consumo horário de combustível para cada km h^{-1} de aumento na velocidade de deslocamento, na operação de semeadura. Resultado semelhante foi encontrado por Furlani et al. (2007) que, estudando o desempenho operacional de semeadora-adubadora em manejos da cobertura e velocidade, constataram aumento do consumo horário de combustível de $6,8\%$, da velocidade de deslocamento 4 para 5 km h^{-1} , e $11,5\%$ de 5 para 6 km h^{-1} .

Não obstante do consumo horário de combustível, o consumo operacional de combustível apresentou comportamento semelhante às observações verificadas na Figura 16a, com seus respectivos tratamentos fora de controle (Figura 16b). A única diferença é verificada quando aumenta-se a velocidade diminuiu-se o consumo efetivo de combustível em torno de 10% , pois aumenta-se a capacidade operacional por unidade de área trabalhada.

Com relação ao aumento da velocidade ($4,4$; $6,1$ e $8,1 \text{ km h}^{-1}$), MAHL et al. (2004), na operação de semeadura de milho em solo argiloso, utilizando uma semeadora-adubadora de seis fileiras espaçadas de $0,45 \text{ m}$, o aumento da

velocidade de deslocamento de 4,4 para 8,1 km h⁻¹ proporcionou aumento de 86% na capacidade operacional do conjunto, com incremento de 96% na demanda de potência na barra de tração e redução de 26% no consumo de combustível por área trabalhada.

De acordo com Garcia (2008) o aumento da velocidade de deslocamento o consumo horário de combustível, capacidade de campo efetiva e conseqüentemente o consumo efetivo de combustível (L ha⁻¹) são afetos significativamente, contatando a relação entres estas variáveis.

Na relação entre consumo de combustível e volume de solo mobilizado por unidade de área (L m⁻³), observa-se que somente o mecanismo de controle de profundidade pneumático na velocidade de 6,2 km h⁻¹, esteve dentro do controle para carta individual, no entanto com alta variabilidade (Figura 16c). Contudo, todos os tratamentos tiveram observações fora dos limites de controle, seja na carta individual ou/e na carta de amplitude móvel, caracterizando o como instável para a análise da variável em questão. Vale ressaltar ainda, que apesar da menor velocidade de operação do conjunto mecanizado está fora do controle, a mesma apresentou menor variabilidade dos pontos amostrados, limitando-se a saída de apenas um ponto nas cartas individuais, as quais podem estar relacionadas a causas especiais não inerentes ao processo. Dentre elas, uma das limitações encontradas durante o processo de semeadura, foi à potência do conjunto mecanizado, o qual apresentava-se com pouca demanda de potência para o acionamento da semeadora adubadora.

Furlani et al. (2004) trabalhando com velocidades (6,3 km h⁻¹ e 8,6 km h⁻¹) e e diferentes preparos do solo não encontraram diferença significativa para o consumo por área e específico, sendo 5,60 L ha⁻¹ e 501,25 g kW h⁻¹ os valores para 8,6 km h⁻¹. No entanto, o consumo horário aumentou com o aumento da velocidade em 17,29 L h⁻¹.

Mahl et al. (2004), realizando semeadura com semeadora de seis fileiras no espaçamento de 0,45 m e trabalhando a três velocidades de deslocamento (4,4; 6,1 e 8,1 km h⁻¹), constataram que a variação da velocidade interferiu no desempenho do conjunto, pois conforme acréscimo na velocidade, houve aumento na capacidade

operacional e redução no consumo de combustível por área trabalhada de 86% e 26%, respectivamente.

Quando analisadas todas as cartas de controle para as variáveis de consumo de combustível e mobilização do solo, verifica-se que o mecanismo do sistema de controle do disco duplo da semente pneumático na menor velocidade (5,1 km h⁻¹), foi o que se apresentou sob controle na maioria das variáveis com menor variabilidade dos dados.

Tabela 2. Balanço geral da qualidade do processo para as variáveis de mobilização do solo e consumo de combustível na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho.

Mecanismo ¹	Pneumático		Mecânico	
	5,1	6,2	5,1	6,2
Velocidade ²	5,1	6,2	5,1	6,2
Condição do Processo ³	4	1	2	1
Variabilidade ⁴	3	3	1	1

¹Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico; ²Velocidades de semeadura do conjunto mecanizado de 5,1 e 6,2 km h⁻¹; ³ Número de cartas que apresentaram-se sob controle em determinado tratamento; ⁴ Número de cartas que apresentaram-se com menor variabilidade durante o processo de semeadura independente da estabilidade do processo.

2 Características agronômicas da cultura do milho

Analisando-se as cartas de controle para o indicador de qualidade “profundidade de semeadura”, constata-se que somente a combinação do mecanismo de pressão do disco duplo pneumático com a menor velocidade de deslocamento foi capaz de manter o processo sob controle. Para o mecanismo mecânico, constatou-se que o processo está fora dos limites de controle para ambas as velocidades de operação, 5,1 e 6,2 km h⁻¹, tanto para a carta de valores individuais quanto para a de amplitudes móveis. No entanto, percebe-se que os dados estão mais próximos da média para a velocidade de 5,1 km h⁻¹, onde o desvio padrão é menor e os dados estão menos dispersos (Figura 17a).

A variabilidade decorrente do processo, tanto para o mecanismo pneumático quanto para o mecânico, de maneira geral, foi menor na velocidade de 5,1 km h⁻¹, e maior para a velocidade de 6,2 km h⁻¹. Tal variação pode ser atribuída às causas não assinaláveis que ocorrem de maneira extrínseca ao processo e que devem ser detectadas e, posteriormente, controlá-las para que o processo atinja a qualidade esperada.

As fontes de variações externas ao processo devem ser atribuídas aos chamados fatores “6 M’s” (mão-de-obra, matéria prima, meio ambiente, máquina, método e medição). Neste caso, podemos associar ao fato de que a velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora (máquina), que pode influenciar na profundidade de deposição da semente, pois em alguns momentos perdeu-se o controle desta regulagem, o que refletiu em pontos acima dos limites superiores de controle, com maiores profundidades, e outrora pontos abaixo do limite inferior de controle. Pode-se ressaltar ainda que, o fato de existir uma possível resistência mecânica do solo a penetração (meio ambiente), pode ter influenciado em pontos fora do controle e com menores profundidades das sementes. Torna-se importante complementar que o mecanismo mecânico sofre uma variação durante o processo, em virtude de sua elasticidade, a qual é contornada pelo mecanismo pneumático que mantém mais regular o processo por manter pressão constante dos “bolsões” de ar durante toda a semeadura.

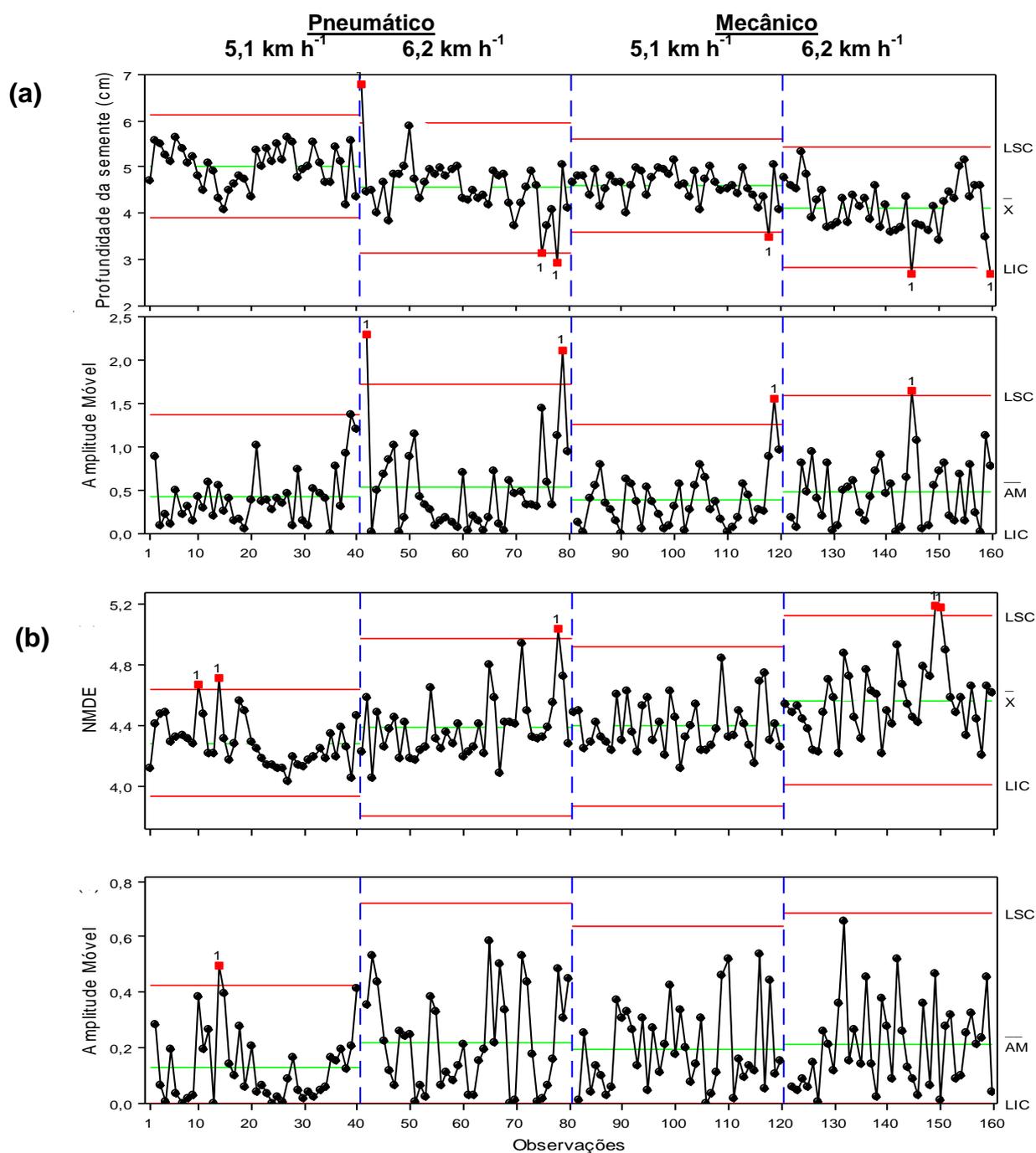


Figura 17. Cartas de controle para profundidade média da semente no solo (a) e número médio de dias para emergência de plântulas (b) para a operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h^{-1} .

Trogello et al. (2013) trabalhando com manejos de cobertura e velocidades de operação (4,5 e 7 km h⁻¹), verificaram que a profundidade de semeadura da cultura do milho não foi afetada pelos diferentes tratamentos utilizados. Garcia et al. (2011) observaram, avaliando a qualidade de semeadura da cultura do milho em duas velocidades de operação, que a elevação da velocidade de 2,5 para 4,4 km h⁻¹ propiciou incremento de profundidade de 30,2%, contrapondo ao experimento, que apresentou redução da profundidade com o aumento da velocidade, demonstrando que os componentes da semeadora-adubadora se comportam de maneira diferente, de acordo com o tipo de solo e sistema de manejo utilizado.

Pela análise das cartas de controle, para valores individuais e de amplitudes móveis, o número médio de dias para emergência de plântulas para o mecanismo mecânico na velocidade de operação de 5,1 km h⁻¹ sofre influência apenas de causas comuns, com todos os pontos alocados dentro dos limites superior e inferior de controle, porém, apesar de apresentar dois pontos acima do limite superior, o sistema pneumático na menor velocidade apresentou menor média para o NMDE, e também é importante ressaltar que os valores variam pouco, como por exemplo a sequência de pontos de 20 a 35 (Figura 17b).

Para o mecanismo pneumático e o mecanismo mecânico na velocidade de operação de 6,2 km h⁻¹ (observações nº 78, 149 e 150), há presença de causas não comuns somente na carta de valores individuais e, quando esta situação ocorre, independentemente do comportamento da carta de amplitude, o processo é considerado instável em virtude do elevado valor nestes pontos (Figura 17b). A solução para este problema é o monitoramento contínuo do processo a fim de diminuir tal variação, pois se estes pontos não existissem, a variabilidade potencialmente seria menor.

Trabalhando com manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de semeadura em sistema plantio direto Trogello et al. (2013b), verificaram que as velocidades de operação não influenciaram o comportamento da emergência das plântulas da cultura. Já no presente trabalho, verifica-se o aumento gradativo do número médio de dias para emergência com o aumento da velocidade do conjunto mecanizado, ao contrário da profundidade da semente que reduziu em

função do aumento da velocidade, que pode estar relacionado ao teor de água no solo em maiores profundidades, onde a semente pode ter conseguido umedecer-se e por consequência emergida mais rápido.

Observa-se na carta de valores individuais para o espaçamento normal, que todos os pontos estão dentro do limite de controle, sendo que a maior variabilidade foi verificada na utilização do mecanismo mecânico na velocidade de $6,2 \text{ km h}^{-1}$ (Figura 18a). Este resultado mostra que o aumento da velocidade influenciar diretamente no aumento de falhas na semeadura e conseqüentemente diminuir a produtividade da cultura. Santos et al. (2011) afirmam que o aumento da velocidade na operação de semeadura é um fator que interfere no estabelecimento de plantas, pois o aumento da velocidade influencia de forma negativa na redução da porcentagem de espaçamentos aceitáveis e aumenta o número de falhas durante a semeadura.

Torna-se interessante ressaltar que o mecanismo mecânico na velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$ apresentou menor variabilidade em relação aos outros tratamentos. No entanto, todos os tratamentos ficaram com a média do espaçamento normal próximo ou acima de 90%. Segundo Tourino e Klingensteiner (1983), é considerado como ótimo desempenho à semeadora que distribuir de 90 a 100% das sementes na faixa de espaçamentos aceitáveis, bom desempenho de 75 a 90%, regular de 50 a 75%, e insatisfatório abaixo de 50%.

Analisando as cartas de amplitude móvel, observa-se que o mecanismo pneumático na menor velocidade apresentou-se fora de controle, com apenas o ponto nº 36 acima do limite superior de controle, levando à instabilidade do processo devido às causas especiais, não inerentes ao processo, possivelmente relacionado ao fator máquina, que pode ter influenciado na distância de deposição da semente no solo. Porém este efeito não foi tão significativo de modo a desestabilizar a variação do processo, já que as demais observações estão entre os limites de controle na carta de amplitude móvel (Figura 18a).

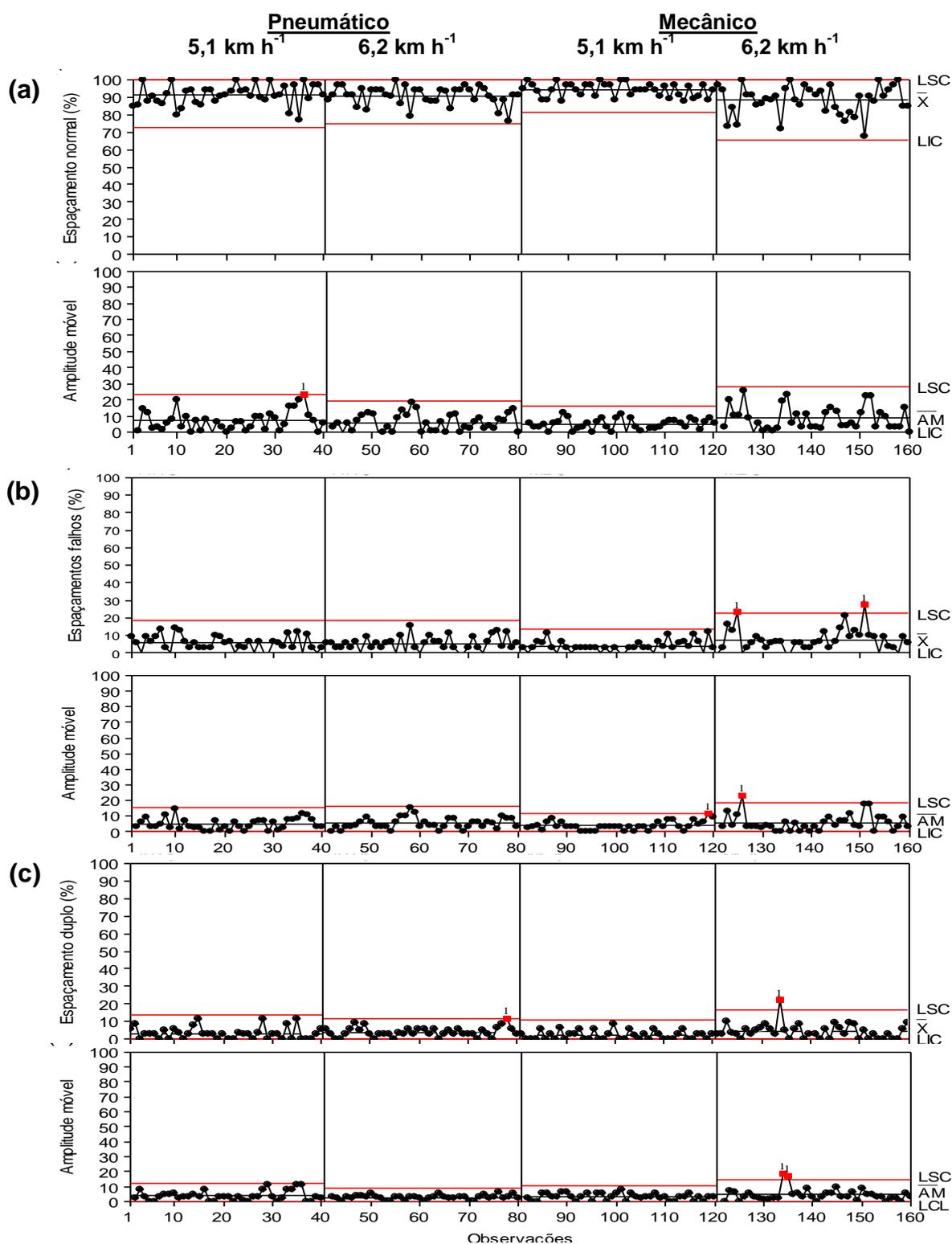


Figura 18. Cartas de controle para espaçamento normal (a), falho (b) e duplo (c) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.

O espaçamento falho mostrou-se sobre processo controlado somente para o mecanismo pneumático nas duas velocidades de semeadura, com valores médios bem próximos, como demonstrado na Figura 18b, ou seja, dentro dos limites superiores e inferiores de controle. Para essa variável, a média encontrada ficou próxima de 5% de espaçamentos falhos, sendo uma média adequada para distribuição de sementes por semeadoras pneumáticas.

No mecanismo mecânico, na deposição de sementes, observa-se que apesar da velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$ ter apresentado os valores da carta individual dentro dos limites de controle, nota-se que a observação nº 119 saiu do controle na carta de amplitude (Figura 18b). A maior variabilidade e instabilidade para o espaçamento falho pode ser observado no tratamento com mecanismo mecânico na velocidade de $6,2 \text{ km h}^{-1}$. Percebe-se que até o ponto 122 o comportamento dessa variável é mais estável, o que pode ser verificado nas cartas individuais, com a maioria dos pontos coletados do mecanismo mecânico ($6,2 \text{ km h}^{-1}$) superiores à média em relação os outros tratamentos.

Para o espaçamento duplo, observa-se que somente na velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$, para os dois mecanismos, o processo manteve-se sob controle (Figura 18c). Já para a velocidade de $6,2 \text{ km h}^{-1}$, percebe-se que o aumento da variabilidade e instabilidade do processo está relacionada aos pontos 78 e 134 respectivamente, nas cartas de valores individuais e respectivas cartas de amplitude, afetada por alguma causa não inerente ao processo, possivelmente alguma falha de distribuição da máquina, contribuindo diretamente para o aumento do espaçamento duplo entre as plântulas.

Verificando a qualidade da distribuição de sementes de milho em semeadoras, Melo et al. (2013) observaram que a velocidade de 4 e 7 km h^{-1} , apresentaram 64 e 55% de espaçamentos aceitáveis utilizando semeadora pneumática, respectivamente. Apesar dos valores estarem abaixo do encontrado no presente trabalho, nota-se que existe uma sensível redução do espaçamento normal ao aumentar a velocidade de deslocamento.

Canova et al. (2007), estudaram distribuição de sementes por uma semeadora-adubadora em função de alterações no mecanismo dosador e das velocidades de deslocamento, e evidenciaram na análise das cartas de controle para

a distribuição de sementes, que somente a velocidade de 6 km h^{-1} se encontra dentro dos limites de controle específicos, estabelecidos segundo os critérios sugeridos por Casão Junior et al. (2000) sendo a dosagem de sementes, nesta velocidade, considerada boa, com desvios de $\pm 10\%$ na fileira de semeadura.

Avaliando a qualidade de operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de plantio direto, Silva e Gamero (2010) concluíram que a velocidade é um dos principais fatores que interfere na qualidade e na capacidade operacional durante a semeadura, em virtude dessas limitações os autores comentam que as semeadoras-adubadoras vêm passando determinadas modificações no intuito de melhorar a eficiência de distribuição longitudinal e outras características, como o apresentado no trabalho.

Analisando a Figura 19a, apesar da maior variabilidade entre os limites de controle com relação aos outros tratamentos, nota-se que o único tratamento que manteve-se sob controle tanto na carta individual quanto na de amplitude móvel, foi o mecanismo pneumático na velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$. Os tratamentos com o mecanismo mecânico apresentaram dois pontos abaixo do limite inferior de controle, os quais podem ter relação direta com o fator máquina, com mais ou menos plantas alocadas na distribuição longitudinal, bem como fatores ambientais podem ter corroborados para possíveis desaparecimento de plântulas no aferimento da população inicial.

A velocidade periférica do disco dosador de sementes é um dos fatores que pode interferir no estande de plantas (distribuição de sementes) (JUNIOR et al., 2014). Segundo Vale et al. (2008), velocidades acima de $0,32 \text{ m.s}^{-1}$ podem prejudicar a uniformidade de distribuição, pois, com essas velocidades, as sementes não têm tempo suficiente para preencher todos os furos do disco dosador, com isso poderá haver falhas na distribuição.

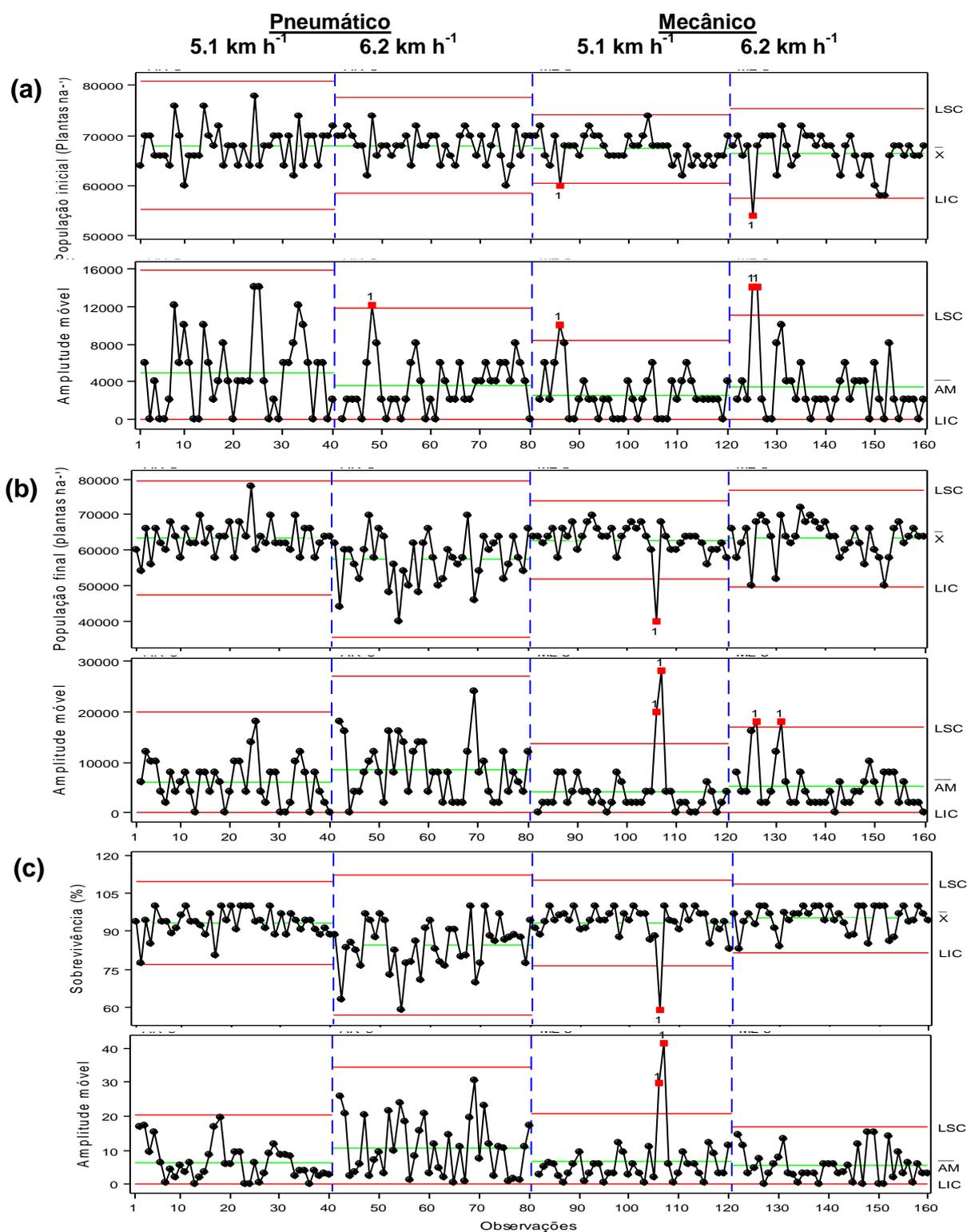


Figura 19. Cartas de controle para população inicial (a), final (b) e sobrevivência de plantas (c) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.

Silva et al. (2000) concluíram que a uniformidade de distribuição de sementes não foi influenciada pela velocidade na implantação de culturas de milho e soja. Porém, também verificaram que o número de sementes de milho na fileira de semeadura foi afetado pelas velocidades da semeadora-adubadora, e a uniformidade dos espaçamentos entre sementes na fileira de semeadura foi excelente e regular para as menores velocidades e insatisfatória para a maior velocidade utilizada. O que contradiz em parte com o presente trabalho, que apresentou população bem próxima para todos os tratamentos.

Para Canova et al. (2007), ao avaliarem as velocidades de deslocamento de 6, 8 e 9 km h⁻¹, associadas a modificações nos mecanismos dosadores de sementes, relatam que o aumento na velocidade de deslocamento teve interferência na distribuição de sementes, sendo que a menor velocidade proporcionou densidades de semeadura mais próximas da densidade almejada.

Silva e Silveira (2002), concluíram que o número de sementes de milho na fileira de semeadura é afetado pelas velocidades da semeadora-adubadora de 9 e 11,2 km h⁻¹, com redução da quantidade de sementes distribuídas por metro, em relação às velocidades de 3 e 6 km h⁻¹.

Já na variável população final de plantas de milho (Figura 19b), o tratamento utilizando o mecanismo pneumático nas duas velocidades de semeadura foram os que se mantiveram sob controle nas referidas cartas, com destaque para a menor velocidade (5,1 km⁻¹) que teve menor variação durante o processo e média da população final um pouco acima de 60 mil plantas ha⁻¹, a qual é recomendada pela empresa. No mecanismo mecânico obteve-se médias próximas e variabilidade menor em relação ao outro mecanismo, no entanto tiveram pontos que ultrapassaram os limites de controle, que quando relacionados com a população inicial que tem relação direta, podem ter ocorrido principalmente por fatores ambientais causando a supressão e morte das plantas durante todo seu ciclo produtivo. Além disto, na velocidade de 6,2 km h⁻¹ no mecanismo pneumático, observa-se que apesar da população inicial apresentar média próxima aos outros tratamentos (em torno de 69 mil plantas), nota-se que na população final foi o tratamento que obteve menor média, bem como para sobrevivência, os quais podem

estar ligados à alta variabilidade causada pela maior velocidade de semeadura do conjunto mecanizado.

A velocidade de operação do conjunto tratorizado irá influenciar na velocidade do disco dosador de sementes dentro do reservatório de sementes e na patinagem da roda acionadora da semeadora, ocasionando alterações na uniformidade de distribuição e na colocação adequada da semente no solo, interferindo na densidade ideal de semeadura. (SOUZA; CUNHA, 2012)

Mello et. al. (2007), demonstram, com seus dados que a velocidade de 5,4 km h⁻¹ proporcionou a maior população do milho DKB 435, comparada com a velocidade de 9,8 km h⁻¹. A velocidade pode influenciar a população de plantas com espigas, assim como observou Garcia et. al. (2006), em que a produtividade foi afetada quando a população de plantas com espigas foi reduzida pelo incremento de velocidade.

Oliveira et al. (2000) observaram que o número de sementes por hectare e o estande final não foram influenciados pelas velocidades testadas, de 5 e 7 km h⁻¹, e pelo tipo de cobertura (milho, lab-lab e vegetação espontânea). Observaram também que a qualidade das sementes distribuídas pela máquina não foi afetada pelos mecanismos dosadores, comparando-se aos valores obtidos pela testemunha, ou seja, sementes que não passaram na semeadora.

Outra variável que complementa os dados da população inicial e final e correlaciona os dois, é a porcentagem de sobrevivência das plantas de milho durante todo o ciclo da planta. Todos os tratamentos mantiveram as observações de sobrevivência sob os limites de controle, exceto o mecanismo mecânico na velocidade de 5,1 km h⁻¹, que teve um ponto na carta individual que saiu do limite inferior de controle, o qual está relacionada diretamente com o mesmo ponto da população final (observação n° 106) que influencia diretamente a mesma (Figura 19c). Observa-se ainda que a sobrevivência foi superior a 90% para a maioria dos tratamentos, contribuindo assim para uma boa produtividade da cultura do milho.

Na avaliação do diâmetro do colmo da planta aos 120 dias, observa-se na carta de controle individual que as observações realizadas estiveram dentro dos limites de controle para todos os tratamentos (Figura 20a). No entanto, somente os tratamentos na velocidade de 6,2 km h⁻¹ para o mecanismo pneumático e na

velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$ para o mecanismo mecânico, mantiveram-se sob controle na carta de amplitude móvel, tornando o processo estável. Os pontos fora de controle encontrados podem estar relacionados diretamente com os espaçamentos falhos múltiplos que ocorreram durante a semeadura, fazendo com que aumentasse ou diminuísse o diâmetro do colmo, altura da planta e altura da espiga.

Para o parâmetro altura da planta aos 120 dias após a emergência, nota-se na Figura 20b, que apenas na maior velocidade ($6,2 \text{ km h}^{-1}$) os tratamentos estiveram sob controle na carta individual, com média da altura menor e maior variabilidade dos dados para o mecanismo pneumático que foi o único que se mostrou estável na carta de amplitude móvel. As repetições abaixo do limite inferior de controle dos tratamentos com a menor velocidade estão relacionadas a causas inerentes ao processo, que no caso em questão relaciona-se provavelmente a máquina, que pode ter depositado mais sementes em um mesmo ponto, causando os espaçamentos múltiplos.

Trabalhando com a influência da velocidade do trator e da semeadora adubadora na cultura do milho, Corrêa Junior et al. (2014) concluíram que as velocidades de $4,5$, $5,5$ e 7 km h^{-1} , não influenciaram no diâmetro do colmo, altura da planta e largura da folha aos 60 e 80 dias após a semeadura.

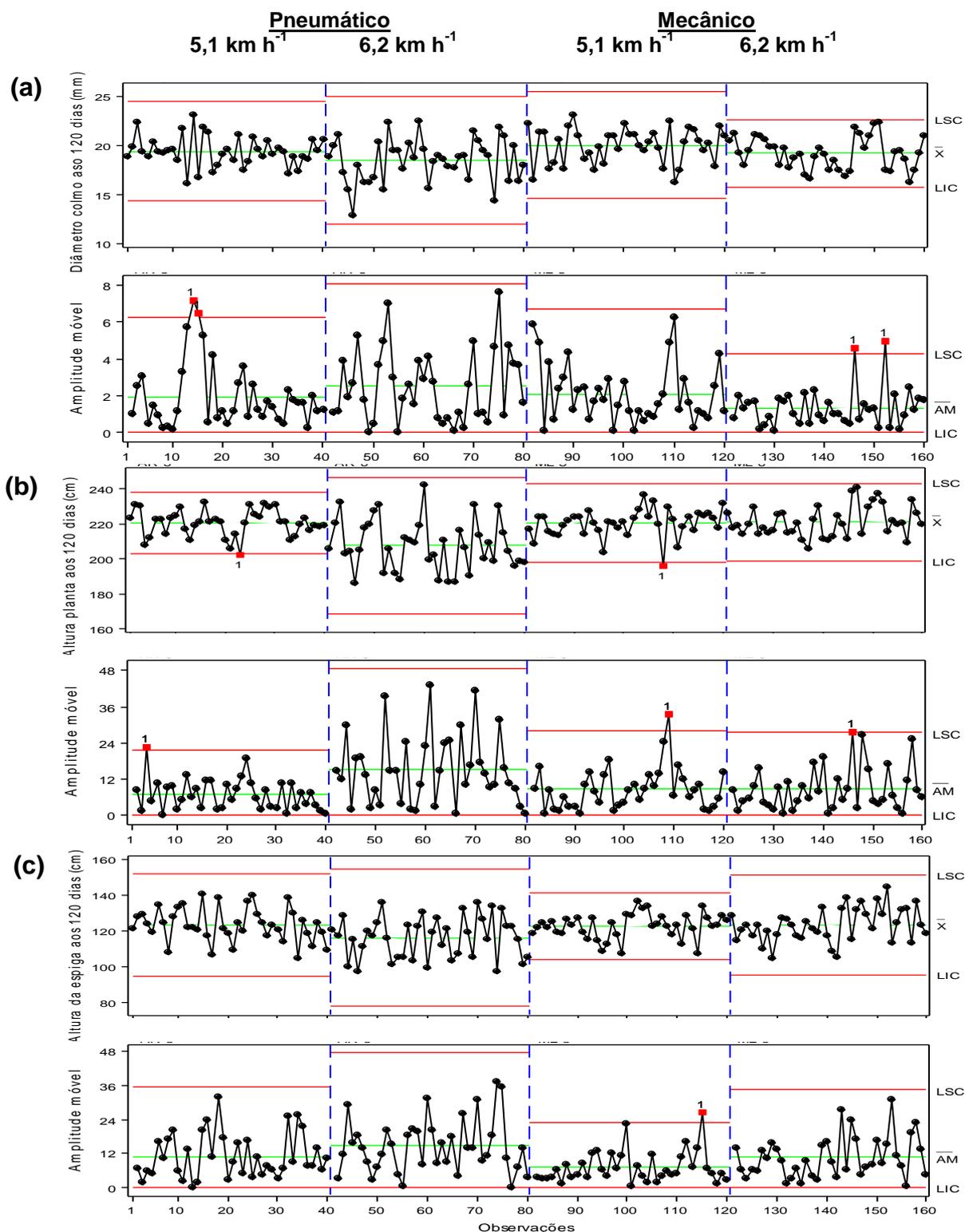


Figura 20. Cartas de controle para diâmetro do colmo (a), altura da planta (b) e altura da espiga aos 120 dias após a emergência (c) na operação da semeadura mecanizada da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.

Para a altura da espiga do milho aos 120 dias os tratamentos com a maior velocidade e o tratamento da velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$ no mecanismo pneumático, mantiveram todas as observações dentro dos limites de controle de processo tanto para carta individual como para de amplitude móvel. O mecanismo de controle de profundidade mecânico na velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$, apesar de ter apresentado menor variabilidade dos dados, teve a observação de nº 115 acima do limite superior de controle, fazendo com que o mesmos esteja instável (Figura 20c).

Após a colheita da cultura do milho observasse na Figura 21a, que a produção de massa seca da parte aérea manteve-se acima de 10 t ha^{-1} . Analisando a carta de controle individual, nota-se que todos os tratamentos mantiveram suas observações dentro dos limites de controle, exceto a velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$ com o mecanismo de controle de profundidade da semente mecânico, que apresentou uma observação abaixo do limite inferior de controle, o qual pode estar relacionado a ação de causas especiais como a máquina, que após ter colhido a cultura, pode ter não distribuído os resíduos da palhada de forma adequada e homogênea no ponto em questão, influenciando diretamente no processo e lhe tornando instável.

Nota-se ainda, que apenas na velocidade de $6,2 \text{ km h}^{-1}$ quando utilizado o mecanismo de controle da profundidade da semente pneumático, que o processo manteve-se estável durante as amostragens da massa seca da parte aérea para as duas cartas apresentadas (Figura 21a).

Para o indicador de qualidade produtividade da cultura do milho, observa-se na carta de controle individual que apenas o tratamento com mecanismo mecânico na velocidade de $5,1 \text{ km h}^{-1}$ apresentou uma observação fora do limite inferior de controle, no entanto, quando observado a carta de amplitude móvel, apenas o tratamento com mecanismo pneumático na velocidade $6,2 \text{ km h}^{-1}$, mostrou-se sobre controle durante todo o processo analisado (Figura 21b). A produtividade da cultura do milho mostrou-se bem próxima para todos os tratamentos, em torno de 6 t ha^{-1} , ficando abaixo do referido valor apenas o tratamento do mecanismo pneumático na maior velocidade.

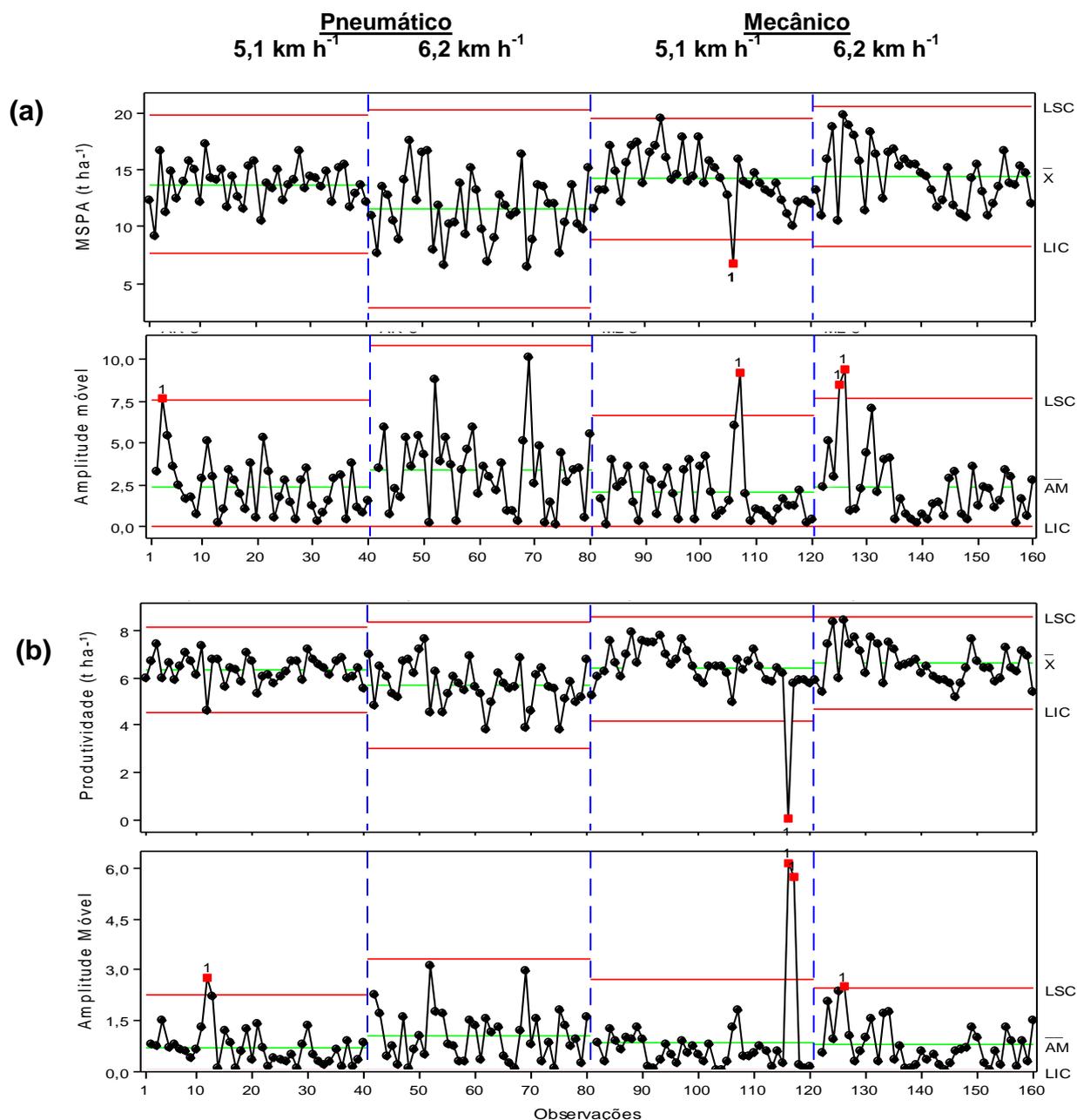


Figura 21. Cartas de controle para massa seca da parte aérea das plantas (a) e produtividade (b) para a operação de colheita da cultura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico nas velocidades de 5,1 e 6,2 km h⁻¹.

De acordo com Silva (2004), a baixa produtividade ocorre devido a não adequação de vários fatores, tais como a fertilidade do solo, população, arranjo de plantas, escolha de cultivares adaptada a cada condição de manejo, clima e práticas culturais, aliado a qualidade da operação de semeadura.

Para se obter boa produtividade é importante assegurar um espaçamento adequado das sementes no solo (MERCANTE et al., 2005). A uniformidade de espaçamento entre as plantas distribuídas na fileira pode influenciar, por sua vez, na produtividade da cultura. Plantas distribuídas de forma desuniforme implicam aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes (PINHEIRO NETO et al., 2008).

Pesquisando a velocidade de deslocamento mais adequada para um conjunto trator-semeadora, Cortez et al. (2006b) encontraram velocidades de até 8 km h⁻¹ e até 11 km h⁻¹ para os mecanismos de distribuição de sementes mecânico e pneumático, respectivamente. Santos et al. (2011) afirmam que o aumento da velocidade na operação de semeadura é um fator que interfere no estabelecimento de plantas, pois o aumento da velocidade influencia de forma negativa na redução da percentagem de espaçamentos aceitáveis, aumenta o número de falhas durante a semeadura e por consequência afeta a produtividade final da cultura.

Dentro de todas as variáveis analisadas para as características agronômicas da cultura do milho, observa-se que independente da velocidade de semeadura o mecanismo de controle do disco duplo da semente pneumático foi o que obteve o maior número de cartas de controle dentro do processo de estabilidade, tendo nove cartas para a maior velocidade e sete cartas na menor velocidade (Tabela 3).

Tabela 3. Balanço geral da qualidade do processo para as variáveis das características agrônômicas da cultura do milho na operação da semeadura mecanizada.

Mecanismo ¹	Pneumático		Mecânico	
	5,1	6,2	5,1	6,2
Velocidade ²	5,1	6,2	5,1	6,2
Condição do Processo ³	7	9	4	3
Variabilidade ⁴	3	1	7	2

¹Mecanismo de pressão no disco duplo dosador pneumático e mecânico; ²Velocidades de semeadura do conjunto mecanizado de 5,1 e 6,2 km h⁻¹; ³ Número de cartas que apresentaram-se sob controle em determinado tratamento; ⁴ Número de cartas que apresentaram-se com menor variabilidade durante o processo de semeadura independente da estabilidade do processo.

V CONCLUSÕES

Os indicadores de qualidade de consumo de combustível do conjunto mecanizado, mobilização do solo, e características agronômicas da cultura do milho proporcionaram maior qualidade de semeadura para o mecanismo pneumático na menor velocidade de deslocamento.

O aumento da velocidade de semeadura atua negativamente na maioria dos parâmetros estudados, porém, com a adoção do mecanismo de controle pneumático, isso é menos evidente.

O controle estatístico mostrou-se como ferramenta adequada para o acompanhamento do processo de semeadura, podendo-se inferir sobre os dados e tomar decisões a partir da análise de seus resultados.

VI REFERÊNCIAS

ALVES, V. B.; PADILHA, N. S.; GARCIA, R. A.; CECCON, G. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 280-292, 2013.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L. A. S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 08, p. 1101-1110, 2007.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p.411-418, 2009.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. **Anais...**, Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 32p. (T025-3 CD-ROM).

BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. **Dinâmica do nitrogênio no solo, pré-culturas e manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em plantio direto**. In: FONTOURA, S.M.V. & BAYER, C., orgs. Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. 2.ed. Guarapuava, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2009. p.61-89.

BEUTLER, A. N.; SILVA, N. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. N.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência a penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1 p. 167-177, 2001.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

BORSATTO, E. A. **Sistema de preparo do solo e desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) em dois espaçamentos entre linhas**. 2005. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

CANOVA, R.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W. Distribuição de sementes por uma semeadora-adubadora em função de alterações no mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 15, n. 3, p. 299-306, Jul./Set., 2007.

CARVALHO, J. J.; MASIERO, F. C.; LANÇAS, K. P.; RODRIGUES, E.C.P. Avaliação da resistência do solo sob dois sistemas de manejo: plantio direto e convencional. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.22, n.2, p. x-x, dez 2012.

CARVALHO, P. C. F.; ROCHA, L. M.; BAGGIO, C.; MACAR, S.; KUNRATH, T. R.; MORAES, A. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia** [online], v. 39, n. 9, p. 1857-1865, 2010.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A.G.; RALISH, R. Dinâmica de semeadoras diretas em Primeiro de Maio - PR. Londrina: IAPAR, 2000. 14p.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p. 997-1003, 1999.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 447-457, 2005.

COELHO, H.; FERNANDES, H. C.; CAMPOS, D. S.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M. Deslizamento de rodados de tratores de pneus em diferentes operações agrícolas. **Revista Ceres**, v. 59, p. 330-336, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos: 3º levantamento**, dezembro 2014. – Brasília: Conab, 2014.

CORRÊA JUNIOR, D.; GARCIA, R. F.; MANHÃES, C. M. C.; KLAVER, P. P. C.; JÚNIOR, J. F. S. V. Influência da velocidade de trator e semeadora de precisão na implantação e produtividade da cultura do milho verde. **Engenharia na agricultura**, viçosa, v. 22 n. 1, p. 25-32 2014.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A. Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 502-510, 2006a.

CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P. Semeadoras de precisão. **Cultivar máquinas**, n. 56, p. 16-19, setembro 2006b.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. L. The effects of temperature, sand and soil acetone on germination of okra seed. **Proceeding of America Society Horticulture Science**, v. 71, p. 428-34, 1958.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ENDRES, V.C., TEIXEIRA, M.R.O. População de plantas e arranjo entre fileiras. In: MILHO: informações técnicas. Circ. Téc. Cent. **Pesquisa agropecuária**. Oeste/EMBRAPA, n. 5, p. 108-10, 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Porto Alegre: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A. L.; FAVARIN, J. L. **Desempenho da cultura do milho em plantio direto e convencional**. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: Esalq, 2010.

FURLANI, C. E. A. CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; REIS, G. N.; ZANETTI, L. A. Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e carga no depósito de fertilizante. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 4, p. 268-275, 2006.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; REIS, G. N. dos. Desempenho de uma semeadora-adubadora em função do preparo do solo e da velocidade de deslocamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004.1 CD-ROM.

FURLANI, C. E. A.; PAVAN JÚNIOR, A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadora-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 456-462, 2007

FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ J. W.; GROTTA, D. C. C. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 345-352, 2008.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

GARCIA, L.C.; JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A.L.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.520-7, 2006.

GARCIA, M. A. L. **Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

GARCIA, R. F.; VALE, W. G.; OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, É. M.; AMIM, R. T.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 417-422, 2011.

GASSEN, D. N. **A ONU, o clima e o Plantio Direto**. 22/08/2011 Disponível em: <http://www.agriculturasustentavel.org.br/artigos/a-onu--o-clima-e-o-plantio-direto> Acesso em 02/01/2015.

HESSLER, C.V.; CAMARGO, M.E.; DORION, E. Application control charts for analysis of quality in industrial painting. In: 39 th Internacional Conference on Computers & Industrial Engineering 39., 2009, Troyes: **Proceedings...**, Troyes: IEEE Xplore, 2009. p. 1330-1334.

HORBE, T. 2014. *Semeadura precisa na cultura do milho*. <http://w3.ufsm.br/projetoaquarius/index.php/pt/linhas-de-pesquisa/semeaduraprecisa-na-cultura-do-milho>. Acesso em 03 de janeiro de 2015.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v. 48, n. 2, p. 249-62, 1989.

LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Desenvolvimento de um protótipo para medição do consumo de combustível em tratores. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Viçosa, MG, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2003.

MAHL, D. **Desempenho de semeadora em função de mecanismo de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho.** 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MAHL, D. **Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (Zea mays L.) em sistema de plantio direto.** 2002. 160f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MAHL, D.; GAMERO, C. A. Consumo no plantio. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 22, p. 18-21, 2003.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes milho sob variação de velocidade e condição de solo; **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.

MELLO, A. J. R.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R.P.; LOPES, A.; BORSATTO, E.A. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 479-486, 2007.

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A.; SOUZA, F. H.; SILVAIL, J. G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agrônômica**. [online]. v. 44, n. 1, p. 94-101, 2013.

MERCANTE, E.; SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. M. Demanda energética e distribuição de sementes de milho em função da velocidade de duas semeadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 424-428, 2005.

MINITAB. MINITAB Release 16: Meet MINITAB 16. MINITAB StatGuide; MINITAB Help. [S.I.]: Minitab Inc., 2007.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4^o Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. p. 100 – 200.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. Canada: John Wiley e Sons, Inc, 3º ed, 1997. p. 120-250.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. 4. ed. New york: John Wiley & Sons, 2000. p. 300-377

OLIVEIRA, F. P.; BUARQUE, D. C.; VIERO, A. C.; MERTEN, G. H.; CASSOL, E. A.; MINELLA, J. P. G. Fatores relacionados à suscetibilidade da erosão em entressulcos sob condições de uso e manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 04, p. 337-346, abr. 2012.

OLIVEIRA, M. L.; VIEIRA, L. B.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, C. M.; DIAS, G. P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1455-1463, 2000.

PAIVA, J. R. G. **Comportamento produtivo da cultura do milho em sistema orgânico de cultivo**. 2011. 40 f. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2011.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; BICCA, D. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 35, n. 5, p. 1777-1785, 2011.

PAULI, D. G.; MILAN, M.; SALVI, J. V. Qualidade total. **Cultivar Máquinas**, v. 85, p 6-9, 2009.

PECHE FILHO, A. Qualidade total na agricultura. In: SIMPÓSIO DE QUALIDADE TOTAL NA AGRICULTURA, 1., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: AEASP, 1994. p.19-35.

PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. **Plantio direto "o caminho para uma agricultura sustentável"**. 1. ed. Ponta Grossa: Iapar, 2011.

PINHEIRO NETO, R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BORTOLOTTI, V. C.; PINHEIRO, A. C. Desempenho de mecanismos dosadores de semente em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, p. 611-617, 2008.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. Boletim Técnico, 100.

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 381–384, 2008.

RAMOS, E. M. L. S. **Aperfeiçoamento e desenvolvimento de ferramentas do controle estatístico da qualidade – Utilizando quartis para estimar o desvio padrão**. 2003. 130 f. Tese Doutorado (Programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

REIS, E. F.; CUNHA, J. P. A. R. da; FERNANDES, H. C.; RONDÓN, P. P. Influência de mecanismos rompedores de solo no desempenho de uma semeadora-adubadora de plantio direto. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Havana, v. 12, n. 4, 2003.

REIS, G. N.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GERLACH, J. R.; CORTEZ, J. W.; GROTTA, D. C. C. Decomposição de culturas de cobertura no sistema plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 194-200, 2007.

RUGGIERO, M. A. G.; LÓPES, V. L. R. **Cálculo Numérico**. Aspectos Teóricos e computacionais. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

SAMOHYL, R.W.; ALVES, C.C. O monitoramento de processos industriais via gráficos de controle CUSUM. **Revista UNIVILLE**, Joinville, v. 10, n. 2, p. 72-80, 2005.

SANTO, A. P.; TOURINO, M. C.C.; VOLPATO, E. S. Qualidade de semeadura na implantação da cultura do milho por três semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p.1601-1608, 2008.

SANTOS, A. J. M.; GAMERO, C. A.; OLIVEIRA, R. B.; VILLEN, A. C. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 01, p. 16-23, 2011.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & DA ROS, C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 797-804, 2004.

SILVA, A. R. B. **Diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2004. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdades de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SILVA, D. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 147-156, 2011.

SILVA, D.B. Efeito da profundidade de plantio sobre o trigo irrigado na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 769-773, 1992.

SILVA, H. A.; MORAES, A.; CARVALHO, P.F.C.; PONTES, L. S. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 46, n. 10, 2011.

SILVA, J. G.; KLUTHCOUSCKI, J.; SILVEIRA, P. M. Desenvolvimento de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agrícola**, v. 57, p. 7-12, 2000.

SILVA, J. G.; SILVEIRA, P. M. **Avaliação de uma semeadora adubadora na cultura do milho**. Santo Antonio de Goiás. EMBRAPA CNPAF, 2002. 19 p (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2).

SILVA, M. C.; GAMERO, C. A. Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de Plantio direto em função do tipo de martelete e velocidade de deslocamento. **Revista Energia na Agricultura**, v. 25, n. 01, p. 85-102, 2010.

SILVEIRA, J. C. M. **Desempenho operacional no conjunto trator-semeadora em função da velocidade e rotação no eixo do motor**. 2008, 118f. Tese – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa. 2008.

SILVEIRA, J. C. M.; FERNANDES, H. C.; LEITE, D. M.; TEIXEIRA, M. M.; JUNIOR, M. R. F. Avaliação da qualidade da semeadura direta do milho em função do aumento da velocidade de deslocamento e do escalonamento de marcha de um conjunto trator-semeadora-adubadora. **Revista Engenharia na agricultura**, v. 20, n. 2, p. 95-103, 2012.

SIQUEIRA R. MILHO: **Semeadoras - adubadoras para sistema plantio direto com qualidade**. IX Seminário Nacional de Milho Safrinha (Dourados- MS, novembro de 2007) e no XXVII Congresso Nacional de Milho e Sorgo (Londrina-PR, setembro de 2008). 2012.

SOUZA JÚNIOR R. L.; CUNHA J. P. A. R. Desempenho de uma semeadora de plantio direto na cultura do milho. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v.3, n.1, p.81-90, 2012.

SOUZA, R. A. **Análise da qualidade de processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo**. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

STORCK, L.; MODOLO, A. J.; BRUM, B.; TROGELLO, E.; FRANCHIN, M. F.; ADAMI, P. F. Medida de regularidade do espaçamento de plantas de milho em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 39–44, 2015.

TOURINO, M. C. C. A semente no lugar certo. **A Granja**, Porto Alegre, v. 42, n. 461, p. 36-40, 1986.

TOURINO, M. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 8., 1983, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro:UFRRJ, 1983. v. 2, p. 103-116.

TROGELLO, E. MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; SILVA, C. L.; ADAMI, P. F.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. [online]. Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 796-802. 2013.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p. 101-109, 2013b.

USDA – United States Department of Agriculture. Disponível em: www.fas.usda.org. Acesso em: 24 dezembro de 2014.

VALE, W.G.; GARCIA, R.F.; THIEBAUT, J.T.L.; AMIM, R.T.; TOURINO, M.C.C. Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto e convencional. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 441-448, 2008.

VEIT, E. **Aplicação do controle estatístico de processos em indústrias de cabinas**: um estudo de caso. 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

VOLTARELLI, M. A. **Qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno**. 2013. 170f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

WESTERN ELECTRIC COMPANY, Inc. **Statistical Quality Control Handbook**. New York: Mack Printing Company, 1956. p. 4-150.