

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE DOS PROCESSOS MECANIZADOS DE
SEMEADURA E COLHEITA NA CULTURA DA SOJA**

Henrique Vinícius de Holanda

Engenheiro Agrônomo

2015

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

**QUALIDADE DOS PROCESSOS MECANIZADOS DE
SEMEADURA E COLHEITA NA CULTURA DA SOJA**

Henrique Vinícius de Holanda

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli

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

2015

H722q Holanda, Henrique Vinícius de
Qualidade dos processos mecanizados de semeadura e colheita
na cultura da soja / Henrique Vinícius de Holanda. -- Jaboticabal,
2015
vii, 68 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Coorientador: Carlos Alessandro Chioderoli
Banca examinadora: Alberto Carvalho Filho, Adilson José Rocha
Mello
Bibliografia

1. *Glycine max*. 2. Semeadora-adubadora. 3. Velocidade de
deslocamento. 4. População de plantas. 5. Colhedora. 6. Cartas de
controle. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 633.34:631.54

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

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

HENRIQUE VINÍCIUS DE HOLANDA – nascido em Araguaína, Tocantins, em 26 de outubro de 1987, filho de Silvone Holanda dos Santos. Coursou parte do Ensino Fundamental na Escola Particular Brasil, em Araguaína-TO e o restante do Fundamental e ensino Médio no Centro Educacional Araraquara – Colégio Objetivo, em Araraquara, tendo este último finalizado no ano de 2006. Ingressou no Ensino Superior no meio do ano de 2007, no curso de Engenharia Agrônômica, na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Câmpus de Ilha Solteira, São Paulo. Desenvolveu durante a graduação projetos de pesquisa nas áreas de integração agricultura-pecuária, fitotecnia nas culturas de soja, milho, algodão, girassol e sorgo junto a Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária do Chapadão (Fundação Chapadão), onde também foi estagiário por três safras agrícolas 2009/10; 2010/11 e 2011/12 e colaborou na organização de dias de campo, feiras agropecuárias e apresentação de pesquisas na região do Chapadão. Em agosto de 2012, procedeu-se o trancamento da matrícula no último semestre para realizar estágio na Monsanto, na área de Desenvolvimento Tecnológico, marca Canavialis, onde morou em Maringá-PR e em Campinas-SP, mas viajou por todo o centro-sul do Brasil em visitas a usinas parceiras da empresa e experimentos de pesquisa, atuando no projeto “Alocação de variedades de cana-de-açúcar Monsanto, baseado em condições edafoclimáticas regionais”, permanecendo até dezembro de 2012, quando finalizou o estágio e o projeto, retornando a universidade e concluindo o curso em julho de 2013. Em agosto de 2013, 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 pesquisas e estudos no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA). Em setembro de 2014, iniciou o curso de “Chinese language”, pela “Huazhong Agricultural University”, na cidade de Wuhan, China, como bolsista pelo “China Scholarship Council”. Em setembro de 2015, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

A inovação vem da capacidade de ver o que todo mundo vê, mas pensar o que ninguém pensou.

(AUTOR DESCONHECIDO)

Eu não tenho medo de não conseguir realizar meus sonhos, eu tenho certeza que consigo chegar lá! Eu tenho é medo de chegar lá e esquecer-me de onde vim.

(HENRIQUE VINÍCIUS DE HOLANDA)

“Não importa qual o rumo que as tecnologias terão no futuro, todo dia as pessoas precisam se alimentar”.

“Faça aquilo que gosta e não terá de trabalhar um único dia na sua vida”.

(AUTOR DESCONHECIDO)

A minha mãe, Silvone Holanda dos Santos, que tanto lutou, sofreu e nunca desistiu de seguir em frente, é o meu maior exemplo de vida.

DEDICO

A minha mãe Silvone, ao grande amigo Lo Chi Chen,
A toda a minha família que de alguma forma contribuíram na minha criação.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à DEUS, por sempre guiar meu caminho, muitas vezes sendo este tortuoso, mas sempre me oferecendo uma escolha melhor no final, por me proporcionar saúde, proteção, inteligência, tirando as pedras do meu caminho e me dando forças para continuar seguindo sempre em frente.

A minha mãe Silvone Holanda dos Santos, que sempre batalhou com muito esforço e sacrifício para que eu pudesse concluir meus estudos. Por seu amor, na forma rígida a qual me criou; companheirismo, pois sempre foi minha melhor amiga; pela dedicação, pois nunca desistiu daquilo que queria; experiência, ótimos conselhos para a vida; “puxada de orelha” que me dava quando fazia algo errado. Por sempre estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Instruiu-me que com muito trabalho duro e dedicação é possível chegar a qualquer lugar. Que DEUS esteja sempre protegendo e abençoando você.

Ao meu amigo Lo Chi Chen pela experiência e ensinamentos que me passou tanto para a vida quanto para os negócios. Por sempre e em todos os momentos ajudar a mim, a minha mãe e a minha família nos momentos de dificuldade. E também pela ajuda em realizar meu sonho de ir para a China, o qual, eu não pensei que conseguiria e jamais poderia ir se não fosse por ele. E nas suas palavras: “É um investimento à longo prazo”.

A toda minha família, avós, tios e tias, primos e primas, que de uma forma ou de outra participaram, apoiaram e ajudaram na minha criação, nos momentos difíceis e na minha formação profissional e intelectual.

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), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado, e a empresa JUMIL - Justino de Moraes, Irmãos S/A, pela parceria e apoio no experimento.

Manifesto a minha imensa gratidão ao Professor Doutor Carlos Eduardo Angeli Furlani, orientador desse trabalho, que aceitou me orientar sem sequer ter me conhecido antes, e pelas sugestões e correções durante a realização deste trabalho.

Pela dedicação, humildade, paciência, confiança, apoio e principalmente, pela amizade, pela grande contribuição à minha vida acadêmica e profissional, ensinamentos que levarei por toda a minha vida.

Ao Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pelos ensinamentos em sala de aula e pela nossa amizade fora dela. É realmente um grande homem, que me ensinou e aconselhou em vários momentos durante o mestrado. Obrigado por tudo!

Ao amigo e companheiro de trabalho desde Ilha Solteira, hoje meu coorientador Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli pela longa amizade, coorientação no trabalho e pelas sugestões na correção.

Aos moradores, ex-moradores e agregados da República Xicreti, Rinite, Dentinho, Busta, Puro Love, Totó e Jamal, pelo companheirismo, amizade e convivência durante esse período.

Aos amigos integrantes do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) – Ariel Compagnon, Cristiano Zerbato, Evaldo Ferezin, Kaue Oshiro, Marcelo Cassia, Murilo Voltarelli, Priscila, Rafael Bertonha, Rafael de Azevedo, Thaisa Moreti, Tiago Lira, Vicente Filho e Carlos Diego (UFV). Agradeço a todos a oportunidade de trabalharmos juntos, os auxílios prestados durante o desenvolvimento deste trabalho e os momentos de muitas risadas.

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).

E a todas aquelas pessoas que, embora não tenha citado os nomes contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho.

Um agradecimento especial (novamente) aos Professores Eduardo e Rouverson pela ajuda na realização do maior sonho da minha vida, que era ter uma vivência internacional principalmente na China, onde aprendi um pouco de mandarim e aperfeiçoei meu inglês. Além de conviver com pessoas de vários países, com diferentes características, religiões e culturas, sendo uma experiência incrível e fantástica. Obrigado a vocês professores e ao “China Scholarship Council” pela oportunidade.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMO.....	v
 CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	 1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.2.1 A cultura da soja	4
1.2.2 Sistema plantio direto	5
1.2.3 Conjunto trator semeadora-adubadora	6
1.2.4 Velocidade de deslocamento e demanda de tração	8
1.2.5 Colheita mecanizada de soja	9
1.2.6 Controle estatístico de processo (CEP)	11
 CAPÍTULO 2 – QUALIDADE DA SEMEADURA EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE MOVIMENTO E DA POPULAÇÃO DE SOJA	 15
2.1 INTRODUÇÃO	17
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.2.1 Caracterização da área experimental	19
2.2.2 Análise granulométrica e química do solo	20
2.2.3 Insumos básicos	21
2.2.4 Delineamento experimental	21
2.2.5 Equipamentos utilizados	23
2.2.6 Avaliações realizadas	28

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
2.4 CONCLUSÕES	36
CAPÍTULO 3 - PERDAS E QUEBRAS DE GRÃOS NA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA.....	37
3.1 INTRODUÇÃO	39
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	41
3.2.1 Caracterização da área experimental	41
3.2.2 Análise granulométrica e química do solo	42
3.2.3 Insumos básicos	43
3.2.4 Delineamento experimental	43
3.2.5 Equipamentos utilizados	44
3.2.6 Avaliações realizadas	46
3.2.7 Análises estatísticas	47
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.4 CONCLUSÕES	57
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Análise granulométrica da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m. Jaboticabal, SP	20
2. Análise química da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m, em Jaboticabal, SP	20
3. Síntese da análise de variância e do teste de médias para força e potência média na barra de tração, e força e potência pico na barra de tração na semeadura da soja.....	31
4. Síntese da análise de variância e do teste de médias para profundidade de deposição da semente, estande inicial e distribuição longitudinal de plantas de soja	32
5. Valores médios obtidos do desdobramento para estande inicial de plantas de soja (plts ha ⁻¹)... ..	33
6. Síntese da análise de variância e do teste de médias para altura de plantas (m), altura de inserção da 1ª vagem (m), estande final (plts ha ⁻¹), peso de 100 grãos (kg) e produtividade (kg ha ⁻¹), na cultura de soja	35
7. Valores médios obtidos do desdobramento para produtividade (kg ha ⁻¹).....	36
8. Análise granulométrica da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m. Jaboticabal, SP	42
9. Análise química da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m, em Jaboticabal, SP	42
10. Análise estatística para Altura de corte (AC; cm), umidade de colheita dos grãos (UC; %), perdas na plataforma (PP; kg ha ⁻¹), perdas na máquina (PM; kg ha ⁻¹), perdas por deficiência na altura de corte (PAC, kg ha ⁻¹), grãos inteiros e quebrados (GI e GQ) no graneleiro (G), plataforma (P) e na máquina (M) em porcentagem	51

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Imagem aérea da área experimental. (Fonte: google Earth 2015).....	19
2. Dados meteorológicos da precipitação pluviométrica e temperatura máxima, mínima e média, durante a condução do experimento no ano agrícola 2013/14. (Fonte: Departamento de Ciências Exatas da FCAV – UNESP, Jaboticabal).	20
3. Croqui da área experimental com distribuição dos tratamentos.....	22
4. Trator utilizado no experimento.....	23
5. Semeadora-adubadora (A) e monitor de plantio (B).....	25
6. Compressor de ar (A) e bolsas (B) do mecanismo de controle de profundidade pneumático da unidade de sementes.	26
7. Sistema de aquisição de dados utilizado.....	26
8. Célula de carga utilizada.	27
9. Imagem aérea da área experimental. (Fonte: google Earth 2015).....	41
10. Dados meteorológicos da precipitação pluviométrica e temperatura máxima, mínima e média, durante a condução do experimento no ano agrícola 2013/14. (Fonte: Departamento de Ciências Exatas da FCAV – UNESP, Jaboticabal).	42
11. Croqui da área experimental com distribuição das faixas de colheita e pontos amostrados.	22
12. Colhedora utilizada no experimento.....	23
13. Medidor de teor de água dos grãos de soja.	25
14. Esquema de amostragens segundo metodologia de Bragachini (1992).	26
15. Modelo de cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel.	26
16. Porcentagem de quebra (a) na plataforma de corte (PLT), no graneleiro (GRL) e no sistema de trilha e limpeza da máquina (MAQ) e perdas de grãos (kg ha ⁻¹) (b) na plataforma (PP), nos mecanismos internos na máquina (PM) e por deficiência na altura de corte (PAC) na colheita mecanizada de soja.....	27
17. Carta de controle para altura de corte da plataforma (cm).	26
18. Carta de controle para perdas de grãos na plataforma, nos mecanismos internos, na deficiência da altura de corte e totais (kg ha ⁻¹) na colheita mecanizada de soja.	27

QUALIDADE DOS PROCESSOS MECANIZADOS DE SEMEADURA E COLHEITA NA CULTURA DA SOJA

RESUMO - Realizar mecanicamente a semeadura de soja na população adequada com distribuição de sementes na linha de semeadura de modo eficiente e colhê-la também mecanicamente reduzindo as perdas e quebras dos grãos, ambos são fatores importantes nos processos mecanizados desta cultura para garantir alta produtividade. Pressupondo-se que os processos de semeadura e colheita da soja possam influenciar os indicadores de qualidade destas operações agrícolas mecanizadas, conduziu-se o presente trabalho na área experimental do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da UNESP/Jaboticabal, com o objetivo de avaliar a qualidade da semeadura e da colheita desta oleaginosa por meio do controle estatístico de processo. A operação de semeadura foi realizada função de três velocidades de avanço (4,7; 6,0 e 9,0 km h⁻¹), com duas populações de plantas (400 e 533 mil plantas ha⁻¹), avaliando-se a força e potência necessárias para o processo, a distribuição longitudinal de plantas na linha de semeadura e as características agrônômicas da cultura. Na colheita mecanizada da soja usando ferramentas de controle estatístico, foram avaliadas as perdas quantitativas e a qualidade operacional da colheita. Utilizando os critérios de controle de qualidade a área amostrada constou de 30 pontos especializados, equidistantes em 40 metros, selecionados sequencialmente a partir do início da colheita. Em cada ponto foi determinado altura de corte; umidade dos grãos na colheita; perdas na plataforma, nos mecanismos internos, na deficiência da altura de corte e totais; porcentagem de grãos inteiros e quebrados no graneleiro, na plataforma e no sistema de trilha e limpeza. Os resultados demonstraram que a maior velocidade de semeadura resultou em uma maior demanda de potência média e pico além de menor porcentagem de espaçamentos normais entre plantas. A produtividade de grãos foi maior na população inicialmente desejada de 533.333 plantas ha⁻¹ na velocidade de 6 km h⁻¹. A menor velocidade operacional proporcionou menor demanda de potência do trator, bem como a melhor distribuição longitudinal de espaçamentos normais. Na colheita a maior porcentagem de grãos inteiros foi encontrada na plataforma de corte, enquanto de grãos quebrados, no sistema de trilha e limpeza da colhedora. As perdas por deficiência na altura de corte representaram cerca de 50% das perdas totais no processo de colheita mecanizada de soja. As perdas nos mecanismos internos mantiveram-se em processo controlado. A altura de corte, as perdas pela deficiência da altura de corte, na plataforma e totais ficaram fora de controle estatístico de processo da colheita, necessitando de melhorias para o aumento da qualidade da operação.

Palavras-chave: Cartas de controle, colhedora, *Glycine max*, população de plantas, semeadora-adubadora, velocidade de deslocamento

QUALITY MECHANIZED PROCESSES OF SEEDING AND HARVESTING IN SOYBEAN CULTURE

ABSTRACT - Mechanically perform the soybean seeding in the appropriate population distribution of seeds in efficiently seeding line and harvest it mechanically also reducing losses and grains breaks, both are important factors in the mechanized processes of this culture to ensure high productivity. Assuming that the seeding and harvest process of soybean may influence the quality indicators of these mechanized agricultural operations, was conducted this study in the experimental area of the Laboratory of Agricultural Machines and Mechanization of UNESP/Jaboticabal, in order to assess the quality of seeding and harvest of this oilseed through statistical process control. Seeding operation was performed three forward speeds function (4.7, 6.0 and 9.0 km h⁻¹), two populations of plants (400 and 533 thousand plants ha⁻¹), evaluating the strength and power necessary for the process, the longitudinal distribution of plants in the seeding line and agronomic characteristics of the crop. In mechanical harvesting of soybeans using statistical control tools, were evaluated the quantitative losses and operational quality of harvest. Using the criteria of quality control, the sampled area consisted of 30 specialized points, equally spaced at 40 meters, selected sequentially from the beginning of harvest. Each point was determined cutting height; grain moisture at harvest; losses on the platform, internal mechanisms, disability of cutting height and total; percentage of whole and broken grain in bulk, in the platform and track system and cleaning. The results demonstrated that the higher seeding rate resulted in a higher average and peak power demand as well as the lowest percentage of normal spacing between plants. The grain yield was higher in the population initially desired to 533,333 plants ha⁻¹ at the speed of 6 km h⁻¹. The lower operating speed provided less tractor power demand as well the best longitudinal distribution of normal spacing. At harvest the highest percentage of whole grains was found in the cutting deck, while the broken grains in the trail system and cleaning of the harvester. Losses for disability of cutting height accounted for about 50% of total losses in process mechanical harvesting of soybeans. The losses in the internal mechanisms remained in a controlled process. The cutting height, the losses for disability of cutting height, in the platform and total were out of statistical control harvesting process, requiring improvements to increase the quality of the operation.

Keywords: Control charts, harvester, *Glycine max*, plant population, seeder-fertilizer, displacement speed

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

A cultivar de soja deve ser selecionada de acordo com as características edafoclimáticas inerentes à região, além de adequar essa escolha à população recomendada, espaçamento entre fileiras, ao procedimento de semeadura, à época de plantio, ao método de colheita e as regulagens das máquinas agrícolas.

A produtividade da soja se dá em função da população de plantas, vagens por planta, grãos por vagem e massa dos grãos. Portanto, devem-se priorizar as opções de manejo, desde as operações com o conjunto trator-semeadora-adubadora, que viabilizem o número de plantas final planejado para determinado cultivar de soja com espaçamentos aceitáveis, até a semeadura no espaçamento e população recomendada, são fatores de fundamental importância para obtenção de boa produtividade.

Busca-se a melhor razão entre eficiência, velocidade e o custo da operação de semeadura. Um grande número de trabalhos demonstra que há grande variabilidade na eficiência desta operação, dependendo do sistema de manejo do solo e, dentro de um mesmo sistema, para diferentes semeadoras-adubadoras e, especialmente, para a velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora (MELLO, 2011).

O autor ainda descreve que o valor da variável velocidade, representando o limite superior em um determinado trabalho, aparece como limite inferior em outro. Os resultados de pesquisas são bastante divergentes. Geralmente se entende que o aumento da velocidade de avanço do conjunto motomecanizado prejudica uma ou mais variáveis estudadas. Por outro lado, constata-se, também, o não efeito deste fator nos parâmetros avaliados.

Admitindo-se a influência da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora na disposição da semente de soja na fileira de semeadura, supõe-se que o aumento da velocidade desse conjunto altere esse parâmetro.

Desta forma, no capítulo 2 do presente trabalho, consta a avaliação das características agrônômicas da cultivar de soja BMX Potência RR em função da

velocidade de avanço do conjunto trator-semeadora-adubadora em duas populações. O objetivo deste capítulo foi avaliar a demanda energética do conjunto tratorizado, a qualidade da operação de semeadura bem como avaliar as variáveis de desenvolvimento das plantas de soja.

As colhedoras automotrizes fazem o corte e a separação (trilha) dos grãos, das plantas, além de limpar, transportar e armazenar; podendo também triturar os restos vegetais e posteriormente distribuir sobre o solo. Estas são de grande porte, alto custo inicial e de operação, algumas dotadas de equipamentos modernos, que durante o processo de colheita podem indicar perdas relacionadas à regulagem que impactam na qualidade da operação e consequentemente reduzem a quantidade do produto final.

Durante o processo de colheita dos cereais ou oleaginosas a regulagem das colhedoras é de grande importância e deve se adequar conforme a cultura, material genético, teor de água dos grãos, velocidade da colhedora e finalidade dos grãos (sementes ou matéria prima).

A maior parte dos danos que ocorrem aos grãos acontece no momento da trilha, em que a rotação do cilindro e a distância para o côncavo, aplicam forças capazes de separar os grãos das vagens. Além disso, podem também ocorrer danos no transporte mecânico e na passagem das sementes por outros mecanismos internos das colhedoras. Conhecer os tipos de danos, perdas e onde ocorrem é essencial para regulagens específicas.

A carta de controle multivariada é uma ferramenta estatística utilizada no controle estatístico de processo e tem como objetivo detectar alterações provenientes de um determinado processo para que estas possam ser corrigidas, antes ou posteriormente à identificação do problema. Com a correção e a eliminação de desperdícios e falhas, além da redução de custos e aumento na produtividade, estes conceitos podem ser acrescidos para a melhoria da qualidade do processo de colheita de grãos.

Diante disto, no capítulo 3, utilizando ferramentas de controle estatístico realizou-se o estudo da qualidade da operação da colheita de soja, considerando que este processo está relacionado com a regulagem da máquina e fatores

inerentes à cultura, determinando-se as perdas quantitativas e a porcentagem de quebra de grãos.

Mediante ao exposto, pressupondo-se que os processos de semeadura e colheita da soja possam influenciar os indicadores de qualidade destas operações agrícolas mecanizadas, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da semeadura e da colheita da oleaginosa por meio do controle estatístico de processo.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 A cultura da soja

A soja é uma cultura de grande importância na economia brasileira, sendo que na safra 2014/15 segundo a Conab (2015), registrou uma alta produtividade de 3.016 kg ha⁻¹, somente superado pelo obtido na temporada 2010/11 de 3.115 kg ha⁻¹. Com área cultivada de aproximadamente 32 milhões de hectares e com produção de 96,2 milhões de toneladas, incremento de 11,7% em relação ao montante produzido na safra anterior.

De acordo com a Embrapa (2011) a soja é uma espécie que apresenta grande plasticidade quanto à resposta ao arranjo espacial de plantas, variando o número de ramificações, vagens e grãos por planta e o diâmetro do caule, de forma inversamente proporcional à variação na população de plantas, não apresentando por isso, na maioria das situações, diferença significativa em rendimento numa considerável faixa de população de plantas e de espaçamento entre as fileiras.

A altura de planta, o fechamento das entrelinhas e o acamamento das plantas, são influenciados pelos fatores que condicionam o crescimento das plantas, ou seja, local (clima), ano agrícola, época de semeadura, característica da cultivar e fertilidade do solo. Portanto, estes são os fatores que definem a resposta da soja à variação na população de plantas (EMBRAPA, 2011).

Cultivares melhoradas portadoras de genes capazes de expressar alta produtividade, ampla adaptação e boa resistência e tolerância a fatores bióticos ou abióticos adversos, representam usualmente uma das mais significativas contribuições à eficiência do setor produtivo (EMBRAPA, 2011).

Outro fator determinante para a adequada instalação da lavoura de soja está relacionado às operações de semeadura, para que o estabelecimento da população desejada de plantas ocorra, deve haver condições favoráveis para germinação e emergência das plântulas, o que é favorecido pela umidade e aeração do solo, por uma semeadura que propicie o melhor contato possível entre solo e semente e pela utilização de sementes de alta qualidade fisiológica e sanitária (EMBRAPA, 2011). Semeadura em solo com insuficiência hídrica prejudica o processo de germinação,

podendo torná-lo mais lento, expondo as sementes às pragas e aos microorganismos do solo e reduzindo a chance de obtenção da população de plantas desejada, em número e uniformidade (EMBRAPA, 2011).

1.2.2 Sistema plantio direto

No Sistema Plantio Direto (SPD) a produção de palha torna-se indispensável à formação e manutenção da cobertura morta sobre o solo, pois protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, diminui o escoamento superficial de água e fornece ao solo matéria orgânica que promove maior resistência ao processo erosivo e ainda, diminui a temperatura do solo, reduzindo assim, as perdas por evapotranspiração (ASSIS e BAHIA, 1998).

A técnica do SPD consiste no mais baixo grau de mobilização do solo, em seus aspectos (extensão de superfície do terreno trabalhada, profundidade de preparo e grau de fragmentação do volume de solo mobilizado) e neste método, o solo é preparado para se colocar nele as sementes ou mudas/partes vegetativas das plantas, ficando a maioria dos resíduos culturais remanescentes de culturas anteriores quase todos na superfície (OLIVEIRA et al., 2012).

Na região tropical, onde há predomínio de temperaturas altas, associada à distribuição irregular de chuvas com altas precipitações no verão, a oxidação da matéria orgânica é muito rápida (PAULA et al. 1998), sendo necessária a utilização de coberturas mortas eficientes e que possuam altas relações C/N, que proporcionem melhor tempo de cobertura, evitando que o solo fique exposto na época de seca e das chuvas, e servindo posteriormente como palhada para realização do SPD.

A vantagem desse sistema está associada ao fato da palhada acumulada pelas culturas de cobertura e dos restos vegetais de lavouras comerciais criarem ambientes favoráveis à recuperação e manutenção da qualidade do solo (MENEZES, 2002). A manutenção do solo estruturado e coberto com plantas vivas ou com palhada é fator chave para que o solo suporte a ação mecânica das máquinas agrícolas, reduzindo a compactação. Entretanto, a persistência da palhada no solo depende das condições de teor de água e temperatura, que no Brasil, em geral, se

apresenta elevada durante boa parte do ano, resultando em rápida decomposição do material. As taxas de decomposição dos materiais de cobertura estão diretamente relacionadas com a natureza do material vegetal, o volume, a fertilidade do solo, o manejo da cobertura e as condições climáticas que, por sua vez, afetam a atividade microbológica do solo (KLIEMANN et al., 2006).

De acordo com Calegari (2000), o SPD com o emprego de plantas de cobertura, conduzidas em rotação com cultivos comerciais, permite melhor distribuição do trabalho durante o ano, o que resulta em economia e diversificação, e promove maior diversidade biológica, melhor redistribuição e aproveitamento de nutrientes no solo e um sistema sustentável.

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).

1.2.3 Conjunto trator semeadora-adubadora

São denominadas semeadoras adubadoras de precisão as máquinas que realizam a semeadura e adubação de culturas de sementes graúdas (como soja ou milho), cujas sementes são depositadas, uma a uma, sendo a distância entre as sementes teoricamente uniforme, resultante do mecanismo dosador-distribuidor e do deslocamento da máquina (SILVA, 2015).

Segundo Garcia et al. (2011) 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. O parâmetro anterior pode influenciar, no deslizamento dos rodados, capacidade de campo operacional, velocidade do mecanismo dosador, distância

entre sementes, profundidade e exposição de sementes, ocorrência de espaçamentos duplos ou falhos, e danos mecânicos.

De acordo com Amado et al. (2005), a eficiência das semeadoras-adubadoras é avaliada pela qualidade e quantidade de trabalho que executam. A quantidade é obtida pela capacidade operacional e os fatores que interferem diretamente são a largura de trabalho e a velocidade de deslocamento. A qualidade da semeadura requer a obtenção de uma população de plantas com densidade pré-estabelecida, obtida pela combinação de fatores, dentre eles, qualidade das sementes, adequado preparo do sulco de semeadura, cobertura das sementes e contato com o solo e água, localização das sementes no solo tanto em profundidade como em posição na linha de semeadura, espaçamento entre plantas, manutenção da cobertura do solo e uniformidade de emergência de plântulas.

O aumento da velocidade na operação de semeadura pode influenciar no estabelecimento de plantas de forma negativa, ou seja, na redução da porcentagem de espaçamentos aceitáveis e aumento do 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.

Canova et al. (2007) avaliando as velocidades de deslocamento de 6, 8 e 9 km h⁻¹ associadas a modificações em mecanismos dosadores de sementes, os autores corroboraram a afirmação de que aumentos na velocidade de deslocamento interferem na distribuição de sementes, sendo que a menor velocidade proporcionou densidades de semeadura mais próximas da densidade almejada.

Os resultados anteriores estão em acordo com os apresentados por Cortez et al. (2006), que estudaram as velocidades de 4,24; 4,8 e 6,0 km h⁻¹ para a cultura da soja. Os autores constataram que a elevação da velocidade de deslocamento diminuiu o número de espaçamentos aceitáveis em uma semeadora-adubadora pneumática, no sentido de que quanto maior foi a velocidade, menor a quantidade de espaçamentos aceitáveis e maior a quantidade de espaçamentos falhos.

O conhecimento do comportamento 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).

A maior parte das máquinas agrícolas para semeadura disponíveis no mercado, que possuem mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes acionados pelo rodado, cuja eficiência tem relação direta com as condições do solo, a carga vertical, as características do pneu e propriedades físicas do solo (CAVICHOLI, 2014). Segundo Reis et al. (2003), o contato rodado-solo, bem como a velocidade de deslocamento do conjunto tratorizado, tem relação direta com a eficiência das semeadoras.

1.2.4 Velocidade de deslocamento e demanda de tração

Segundo Furlani et al. (2006) maiores velocidade de semeadura aumentam 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 o aumento nas velocidades e cargas, resultou maior exigência de potência do motor.

Com o aumento da velocidade (4,4 a 8,1 km h⁻¹), Mahl et al. (2004), na operação de semeadura de milho em solo argiloso, utilizando uma semeadora-adubadora de seis linhas espaçadas de 0,45 m, proporcionou aumento de 86% na capacidade operacional do conjunto, com incremento de 96% na demanda de potência na barra de tração.

Furlani et al. (2004) não encontraram diferença significativa para a força de tração em função das velocidades que foram de 6,3 km h⁻¹ e 8,6 km h⁻¹, e seu valor ficou em 12,16 kN para a maior velocidade. No mesmo trabalho, os diferentes preparos do solo não influenciaram a potência e a força na barra de tração, porém quando se passou de 6,3 para 8,6 km h⁻¹ exigiu-se 22% mais de potência na barra.

Modolo et al. (2004) estudando duas velocidades (5,2 e 8,4 km h⁻¹) concluíram que o incremento na velocidade de deslocamento aumentou a demanda

de potência média na barra. Entretanto, a variação da velocidade de deslocamento não influenciou na força de tração média na barra, profundidade de semeadura e uniformidade de distribuição de sementes.

Silveira et al. (2005), estudaram as velocidades de 5, 6 e 7 km h⁻¹, concluindo que a demanda de potência média, potência por fileira de semeadura e potência específica por profundidade aumentou com o aumento na velocidade de deslocamento.

1.2.5 Colheita mecanizada de soja

Com o aumento da população mundial e a necessidade de se produzir mais alimentos, com um número cada vez menor de pessoas, as operações agrícolas começaram a ser mecanizadas, havendo uma grande variedade de máquinas agrícolas disponíveis hoje, para realizar estas operações permite ao agricultor uma escolha adequada para atender a sua demanda. Porém, as características de cada modelo variam e podem interferir no desenvolvimento da cultura, interferindo negativamente ou positivamente desde a semeadura até a colheita. (KLAVER et al., 2012).

Analisando a importância da cultura da soja no cenário agrícola brasileiro tanto em produtividade quanto em área cultivada, além da área de cultivo vir aumentando a cada safra, exige-se cada vez mais rapidez e qualidade do método de colheita. Porém perdas consideráveis são contabilizadas neste procedimento de retirada dos grãos do campo, etapa final no processo produtivo das grandes culturas (COMPAGNON et al., 2012).

A cultura de soja se caracteriza pelo uso intenso da mecanização durante a operação de colheita, e no Brasil a época de colheita caracteriza-se por condições climáticas adversas e muitas vezes levam a atrasos que prejudicam esta etapa do procedimento, por este motivo há entre muitos autores o consenso de melhorar a qualidade do processo de colheita ou manter as perdas dentro de certos padrões aceitáveis como descrito por Chioderoli et al. (2012).

Segundo Bottega et al. (2014), a colheita mecanizada é considerada a etapa mais complexa do ciclo de produção de uma cultura. A sincronia dos mecanismos

internos, regulagens e a velocidade de trabalho são fatores que influenciam diretamente na qualidade da operação.

Magalhães et al. (2009) citam que apesar da alta tecnologia disponível para colheita de soja no Brasil, podem ocorrer perdas durante este processo, diminuindo a produtividade e o lucro dos produtores, sendo que as regulagens das colhedoras afetam diretamente as perdas ocorridas durante esta etapa.

Assim sendo, informações sobre a operação de colheita podem indicar ações capazes de reduzir as perdas e o seu custo e consequentemente aumentar a rentabilidade das lavouras. Além disso, o correto planejamento, mais especificamente por meio de um adequado dimensionamento da colhedora evita sua subutilização (PAIXÃO, 2015). Porém, para efetuar esse dimensionamento de forma adequada, é necessário conhecer informações sobre as eficiências dessa operação, segundo as condições em que as colhedoras irão operar (ARALDI et al., 2013).

A colheita mecanizada pode ser influenciada por inúmeros fatores principalmente por elementos ligados à cultura, ou seja, inerentes à colheita, como escolha de cultivares adequados para a região, deiscência das vagens, época da semeadura e os tratos culturais, entre outros, estes são fatores, que aliados a minimização das perdas na colheita formam o grupo dos principais fatores que afetam à produtividade (HEIFFIG 2002).

O estande é um fator determinante para o arranjo das plantas no ambiente de produção, influenciando no seu próprio crescimento, portanto, o ajuste do melhor estande deve proporcionar maior produtividade agrícola (PAIXÃO, 2015). A altura de planta e de inserção da primeira vagem, adequadas à colheita mecanizada, são fatores que podem afetar o fluxo de material colhido (PEREIRA JÚNIOR et al., 2010).

A altura de corte da plataforma da colhedora, a velocidade do molinete, a rotação do cilindro trilhador, a abertura entre cilindro e côncavo, e a velocidade de deslocamento estão entre os principais fatores que interferem nas perdas da colheita mecanizada de soja (PAIXÃO, 2015). Em relação aos fatores ligados às perdas de grãos não oriundos do processo de colheita mecanizada, podem-se citar a deiscência das vagens, a semeadura inadequada, a escolha errada do cultivar, a ocorrência de plantas daninhas e o mau desenvolvimento da cultura (FERREIRA et al., 2007). As más regulagens da colhedora ocorrem, na maioria das vezes, pela

falta de operadores capacitados para tal função, como constatado por Silva et al. (1998).

Ainda com relação aos fatores relacionados às máquinas, Cunha et al. (2009) afirmam que as colhedoras com sistema de trilha longitudinal, em que o material entra no sentido do eixo do rotor, apresentam a possibilidade de redução dos índices de danos mecânicos em relação às colhedoras com sistema de trilha tangencial.

1.2.6 Controle estatístico de processo (CEP)

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).

Hessler et al. (2009) afirmam que um dos principais objetivos do controle estatístico de processo é a eliminação de toda ou quase toda a variabilidade existente em um processo. Por isso, o CEP caracteriza-se como uma coleção de ferramentas com base estatística, de auxílio ao controle da qualidade, útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade por meio da redução da variabilidade (MONTGOMERY, 2000).

Segundo Montgomery (2000), Shewhart publicou os fundamentos do Controle Estatístico de Processos (CEP), por meio da elaboração de cartas de controle que apresentavam limites dentro dos quais poderiam ocorrer variações aleatórias.

Desta forma, pontos que se apresentassem fora destes limites indicariam a possibilidade de existência de causas especiais, interferindo no processo de produção. Para Samohyl e Alves (2005), a grande percepção de Shewhart foi de que qualidade e variabilidade são conceitos antagônicos, ou seja, quando se tem muito de qualidade a variabilidade será pequena e vice-versa.

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 (SILVA, 2015). Trindade (1993) relata que as causas especiais em um processo podem ocorrer devido a fatores conhecidos como “6 M”: mão de obra (todas as pessoas são diferentes e os operadores podem não estar adequadamente preparados para as tarefas), matéria-prima (cada item é único), método (falta de padronização no método de trabalho), medição (amostras de certas áreas podem influenciar os resultados), máquina (desgaste, uso inadequado ou falta de ajuste) e meio ambiente (o ambiente pode influenciar na sazonalidade, por exemplo).

Como análise, o CEP tem como objetivo detectar rapidamente alterações dos parâmetros de determinados processos para que se corrijam os problemas, antes que muitos itens não conformes sejam produzidos (MINGOTI & FIDELIS, 2001). Com a correção e a eliminação de desperdícios e falhas, aumenta-se o rendimento e produtividade, com menor custo, sendo, inúmeras vantagens, acrescidas à competitividade do campo (BONILLA, 1994).

Portanto, as técnicas de controle estatístico de processo constituem-se em ferramentas que permitem a melhoria da qualidade e produtividade nas empresas, além do controle da variabilidade. Mesmo um processo produtivo bem projetado e cuidadosamente mantido, sempre existirá a variação natural, decorrente de causas comuns (aleatórias) conforme Hessler et al. (2009). Ainda sobre a questão da variabilidade decorrente dos processos, quando utilizamos o controle estatístico para minimizar as mesmas, tem-se: a variabilidade de causas comuns 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 o mesmo está sofrendo apenas variação de causas comuns, as quais são dificilmente eliminadas (RAMOS, 2003; VEIT, 2003).

Milan (1998) descreve que a adoção de sistemas de gerenciamento e suas técnicas propiciam o aumento da competitividade na área agrícola, permitindo melhorar a qualidade e, potencialmente, a redução de custos. Portanto, controle de qualidade que visa o monitoramento contínuo do desempenho dos processos, é uma técnica aplicada há longo tempo na indústria e na prestação de serviços e que

deverá ser adotada cada vez mais para a agricultura, de forma a aumentar a qualidade das operações agrícolas mecanizadas.

Tomando com premissa de implementação de um programa de melhorias da qualidade das operações agrícolas mecanizadas descritas por Milan (1998), vários autores a partir de então começaram a utilizar as ferramentas do CEP para o monitoramento, detecção de causas especiais, interferindo no processo e posteriormente elaborando planos de melhorias para aumentar a qualidade das mesmas, por meio da redução da variabilidade decorrente do processo.

De acordo com Chioderoli et al. (2012) avaliando a perda de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja utilizando como ferramentas do CEP as cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel, constataram que todos os tipos de perdas avaliadas (perdas nos sistemas de trilha e de limpeza e as totais) estavam fora dos limites de controle. Porém, dentro dos padrões aceitáveis de perdas para a cultura bem como para a distribuição de palha pela máquina.

Em avaliação das caracterizações das perdas e distribuições de cobertura vegetal durante a colheita mecanizada de soja, Toledo et al. (2008) constataram a eficiência da utilização das cartas de controle para a identificação da instabilidade decorrente do processo de colheita uma vez que as perdas e cobertura vegetal foram consideradas instáveis e estáveis, respectivamente, sob a óptica do CEP.

Compagnon et al. (2012) avaliaram métodos de amostragens de perdas na colheita mecanizada de soja, sendo um deles à campo (utilizando-se armação de 2 m²) e outro por meio do monitor de perdas alocado dentro da cabine da colhedora nos períodos diurno e noturno da operação. Constataram a instabilidade do processo para as perdas nos sistemas de corte, separação, perdas de grãos limpos e totais durante o período diurno da operação de colheita de soja.

Por outro lado, Silva et al. (2013) estudaram a qualidade da colheita mecanizada de feijão em dois sistemas de preparo do solo, e concluíram que, tanto no sistema de preparo convencional como no sistema de plantio direto, os indicadores de qualidade que se apresentaram como instáveis foram o consumo horário de combustível e a produção de matéria seca, sob a óptica do CEP.

Em avaliação da qualidade da colheita mecanizada de café em sistema de plantio circular, Cassia et al. (2013), por meio da utilização das cartas de controle,

constataram a elevada variabilidade decorrente do processo de perdas e dos danos causados às plantas. Porém, os pontos amostrais permaneceram dentro dos limites de controle, considerando o processo como estável.

Paixão (2015) ao avaliar a qualidade da operação da colheita mecanizada de soja em diferentes formatos de talhões: irregular, retangular e trapezoidal, concluiu que o formato deles afeta a eficiência de tempos e movimentos da colhedora e a qualidade da operação da colheita mecanizada de soja. Para o talhão trapezoidal os indicadores de qualidade da velocidade e rotação do cilindro são capazes de atingir os limites específicos estabelecidos para o desempenho da colhedora (entre 3,5 a 6,0 km h⁻¹ e 1000 a 1100 rpm).

CAPÍTULO 2 – QUALIDADE DA SEMEADURA EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE MOVIMENTO E DA POPULAÇÃO DE SOJA

RESUMO - Um dos fatores a ser considerado em uma operação de semeadura é a demanda energética proveniente da operação, bem como o arranjo espacial das sementes na fileira de semeadura. Desta forma, conduziu-se este trabalho com o objetivo de mensurar a força e potência necessária para o processo de semeadura; quantificar a distribuição longitudinal de plantas após a operação e as características agronômicas da cultura em função de três velocidades de avanço na operação de semeadura (4,7; 6,0 e 9,0 km h⁻¹), com duas populações de plantas (400 e 533 mil plantas ha⁻¹). A maior velocidade de semeadura resultou em uma maior demanda de potência média e pico além de menor porcentagem de espaçamentos normais entre plantas. A produtividade de grãos foi maior na população inicialmente desejada de 533.333 plantas ha⁻¹ na velocidade de 6 km h⁻¹. A menor velocidade operacional proporcionou menor demanda de potência do trator, bem como maior distribuição longitudinal de espaçamentos normais.

Palavras-chave: *Glycine max*, demanda de potência, densidade de sementes, semeadora - adubadora

SEEDING QUALITY IN FUNCTION OF THE DISPLACEMENT SPEED AND SOYBEAN POPULATION

ABSTRACT - One of the factors to be considered in a seeding operation is the energy demand arising from the operation, as well as the spatial arrangement of seeds on seeding line. In this way, conducted this work with the aim of measuring the strength and power required for the process of sowing; quantify the longitudinal distribution of plants after the operation and the agronomic characteristics of culture according to three forward speeds in the seeding operation (4,7; 6,0 e 9,0 km h⁻¹), with two populations of plants (400 e 533 mil plants ha⁻¹). The increased speed of seeding resulted in a higher average and peak power demand as well as the lowest percentage of normal spacing between plants. The grain yield was higher in the population initially desired to 533,333 plants ha⁻¹ at the speed of 6 km h⁻¹. The lower operating speed provided less tractor power demand as well as higher longitudinal distribution of normal spacing.

Keywords: *Glycine max*, power demand, seed density, seeder - fertilizer

2.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, sendo que na safra 2014/2015, a cultura ocupou uma área de 32 milhões de hectares, totalizando produção de 96,2 milhões de toneladas, com produtividade média 3.016 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015).

Cada vez mais se busca maior eficiência em termos de redução de custos operacionais e maximização de produtividades e o momento da colocação da semente no sulco de semeadura reveste de grande importância dentro do processo de produção agrícola (MELLO, 2011). De acordo com Silva et al. (2008), os grãos devem ser depositados em uma profundidade que permita adequado contato com o solo, preferencialmente com boa umidade, o que resulta em elevado percentual de emergência.

Alterações relacionadas com a população de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos em produtividade, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre as linhas.

Entretanto, quando se utiliza como indicador de qualidade da semeadura, a distribuição longitudinal e a população final, quando estas são desuniformes, implicam em aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes (JASPER et al., 2011).

Segundo Bowman (1987), Ford e Hicks (1992) a eficiência de mecanismos de distribuição de sementes em semeadoras é analisada pelos critérios: profundidade de deposição das sementes, número de plântulas emergidas, espaçamento entre sementes, deslizamento dos rodados, força de tração exigida e potência consumida.

A demanda energética do conjunto trator-semeadora-adubadora compõe os custos e eficiência da operação e, por outro lado, tem-se a qualidade da semeadura, do ponto de vista da cultura, objetivando-se maiores produtividades (MELLO, 2011).

Admitindo-se os efeitos da velocidade de semeadura na distribuição longitudinal das sementes de soja e que a população pode variar até o final do ciclo da cultura, conduziu-se este trabalho com o objetivo de mensurar a demanda energética do conjunto trator-semeadora-adubadora, a qualidade da operação de semeadura bem como avaliar as variáveis de desenvolvimento das plantas de soja.

Realizaram-se medições do arranjo espacial de plantas (sementes) na fileira de semeadura, forças e potências necessárias em função de três velocidades de avanço na operação de semeadura e duas densidades populacionais de sementes, além das características agronômicas da cultura.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 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 outubro a março do ano agrícola 2013/14. A fazenda está localizada nas proximidades das coordenadas geodésicas $21^{\circ}14' S$ e $48^{\circ}16' W$, 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.



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 precipitação pluviométrica média anual de 1453 mm. Os dados climatológicos da época de realização do experimento encontram-se na Figura 2.

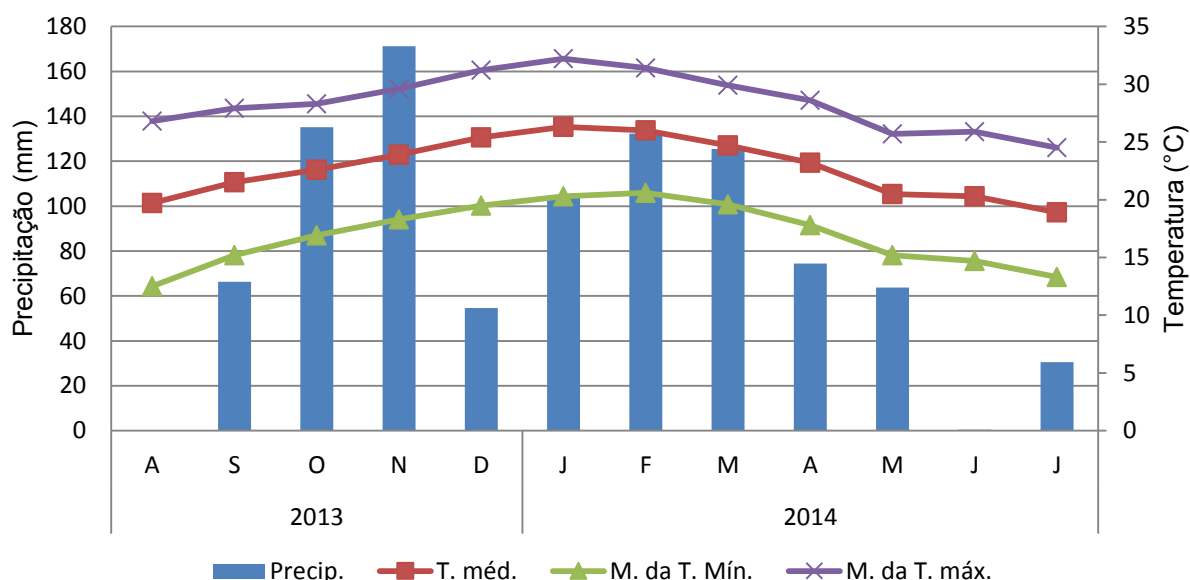


Figura 2. Dados meteorológicos da precipitação pluviométrica e temperatura máxima, mínima e média, durante a condução do experimento no ano agrícola 2013/14. (Fonte: Departamento de Ciências Exatas da FCAV – UNESP, Jaboticabal).

2.2.2 Análise granulométrica e química do solo

As análises granulométrica e química do solo (Tabela 1 e 2) foram realizadas na profundidade de 0 a 0,2 m, coletadas antes da implantação do experimento no ano de 2013.

Tabela 1. Análise granulométrica da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m. Jaboticabal - SP.

Profundidade (m)	Argila	Silte	Areia		Classe Textural
			Fina	Grossa	
			(g kg ⁻¹)		
0 - 0,2	481	291	116	112	Argiloso

Tabela 2. Análise química da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m. Jaboticabal – SP.

Profundidade (m)	pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	P-resina (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H+Al (mmol _c dm ⁻³)	SB	T	V (%)
0 - 0,2	5,6	24	48	3,3	47	24	25	74,3	99,3	75

M.O: matéria orgânica; P-resina: fósforo em resina; SB: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V: saturação por bases.

2.2.3 Insumos básicos

A semeadura da soja foi realizada em 31 de outubro de 2013, em área anteriormente ocupada pela cultura do milho na safra 2012/13, que foi colhido mecanicamente anteriormente à semeadura da soja. Foi utilizado a cultivar BMX Potência RR que possui ciclo precoce; grupo de maturidade 6.7; elevado potencial produtivo, resistência ao acamamento, hábito de crescimento indeterminado, porte médio, boa rusticidade e ampla adaptação a vários ambientes, apresentando ótima sanidade, principalmente na maturação; ótima opção para rotação com cana-de-açúcar, principalmente em plantio direto na palha, é recomendada para cultivo no centro - norte de São Paulo com densidade de 350 a 450 mil plantas ha⁻¹ (BRASMAX, 2015).

Na adubação de base foram utilizados 250 kg ha⁻¹ do formulado comercial 04-20-20, no tratamento de sementes utilizou-se 100 g de Carboxina (i.a) e 50 g de Fipronil (i.a) para cada 100 kg de semente e 60 ml de inoculante líquido de marca comercial Nitragin (1×10^9 células g⁻¹).

Antes da semeadura foi realizada a dessecação das plantas daninhas presentes na área experimental com 2,160 kg ha⁻¹ de Glifosato (i.a) em área total, após 15 dias, houve reaplicação de 0,720 kg ha⁻¹ do mesmo produto também em área total, para eliminação das plantas daninhas remanescentes e aplicação de inseticida na dose de 600 g ha⁻¹ (i.a) para o controle de lagartas (*Anticarsia gemmatilis*). Para o controle preventivo da ferrugem da soja, foram aplicados 60 g ha⁻¹ de picoxistrobina (i.a) + 24 g ha⁻¹ de ciproconazol (i.a) no estágio reprodutivo R1, com aplicações sequenciais no intervalo de 25 a 30 dias, totalizando 3 aplicações. Realizou-se o controle de percevejos (*Euchistus heros* e *Nezara viridula*) neste mesmo intervalo de tempo, com o uso de 55 g ha⁻¹ de cipermetrina (i.a) + 27,5 g ha⁻¹ de tiametoxam (i.a).

2.2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2, com 8 repetições (Figura 3), perfazendo o total de 96 unidades. Os

tratamentos foram constituídos por três velocidades de semeadura 4,7; 6,0; 9,0 km h⁻¹ e duas populações de soja 400 e 533 mil plantas ha⁻¹ (o fator população foi determinado devido a variedade ser de ciclo precoce, que pode ser manejada em grandes densidades populacionais, com valor dentro dos recomendados pela empresa detentora do material e outro escolhido ao acaso, acima do recomendado).

A área total do experimento foi de 1,2 ha, com cada parcela ocupando uma área de 125 m², 25 m de comprimento por 5,0 m de largura, com uma passada do conjunto trator-semeadora (no sentido longitudinal), sendo a área útil de avaliação de dois metros nas duas fileiras centrais. Cada parcela foi constituída de 7 linhas de soja, espaçadas de 0,45 m. A cultura foi semeada em Sistema Plantio Direto, com 12 anos de cultivo, sob palhada da cultura de milho.

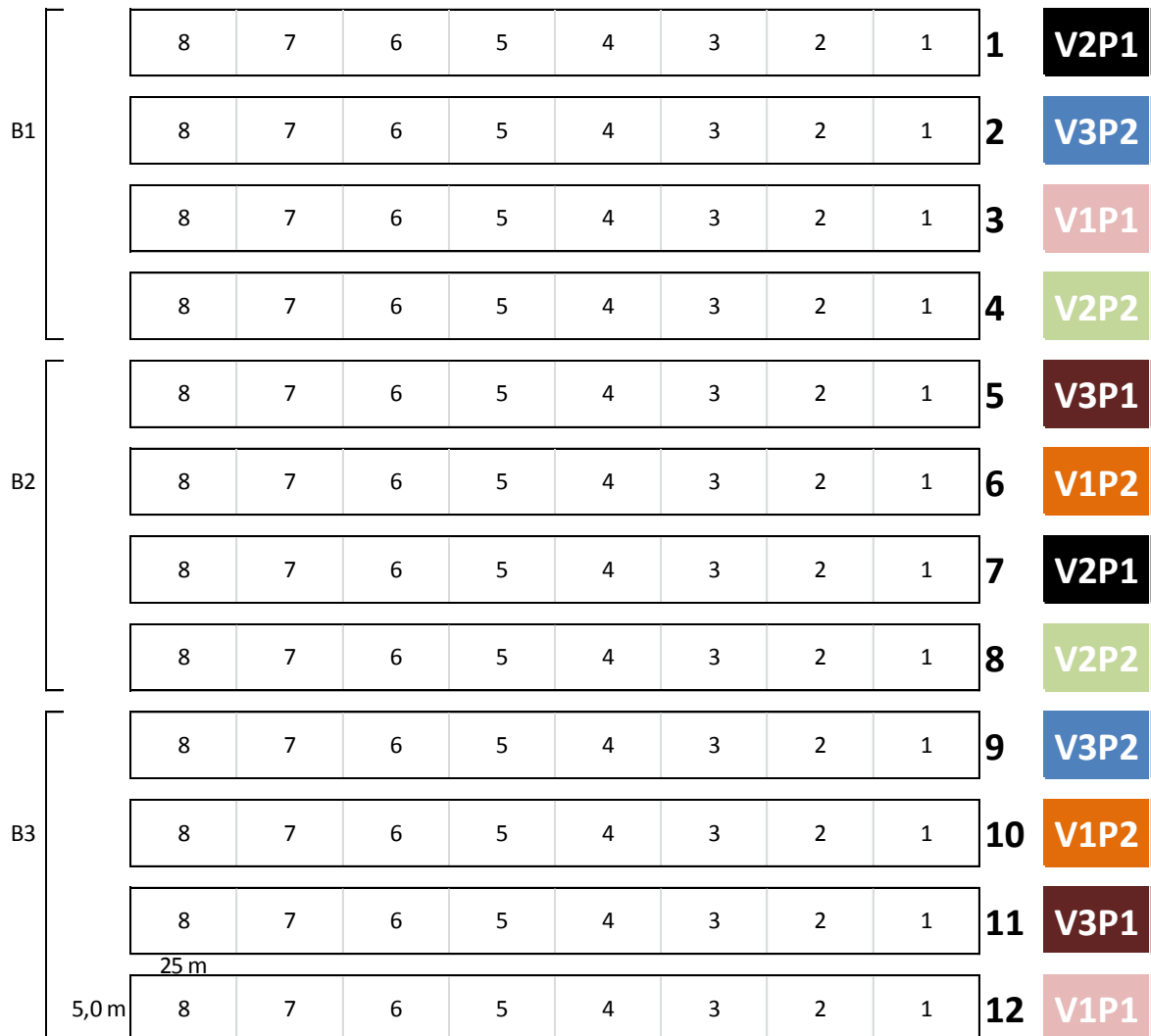


Figura 3. Croqui da área experimental com distribuição dos tratamentos.

Legenda:

V1 = 4,7 km h⁻¹

V2 = 6,0 km h⁻¹

V3 = 9,0 km h⁻¹

P1 = 400.000 plts ha⁻¹

P2 = 533.333 plts ha⁻¹

2.2.5 Equipamentos utilizados

2.2.5.1 Tratores

Foi utilizado trator da marca Valtra, modelo BM 125i (Figura 4), 4x2 TDA, com potência máxima no motor de 91,9 kW (125 cv) rotação de 2100 rpm para a semeadura, trabalhando na marcha L2 para a velocidade teórica de 4,7 km h⁻¹, L3 para a velocidade de 6,0 km h⁻¹ e L3 para a velocidade de 9,0 km h⁻¹. Pneus dianteiros 14.9 - 26 R1, 6 lonas, com pressão interna de ar de 137,9 kPa (20 psi); e traseiros 23.1 - 30 R1, 12 lonas, com pressão de insuflagem de 165,5 kPa (24 psi).



Figura 4. Trator utilizado no experimento.

O trator possui massa de 6.454 kg, distribuídas com 42% no eixo dianteiro e 58% no traseiro, com 51,6 kg cv⁻¹ (relação massa/potência). Estava lastrado com água até 75% nos pneus dianteiros e traseiros, e elementos metálicos, sendo 5 elos

frontais com massa de 35 kg e mais 6 elos com massa de 37,5 kg para os pneus dianteiros, e 5 anéis laterais com massa de 70 kg em cada pneu traseiro, acoplados no centro da roda.

Trator da marca Massey e Ferguson (4x2), com potência máxima de 62,5 kW (85 cv) no motor na rotação de 2.000 rpm, acoplado a um pulverizador montado, com barra de 12 m de comprimento, provida de 24 pontas do tipo leque 110-02, espaçadas entre si por 0,50 m e tanque com capacidade de 600 L de calda; utilizado para aplicação dos produtos fitossanitários.

2.2.5.2 Semeadora-adubadora.

Foi utilizada a semeadora-adubadora (Protótipo) de precisão da marca Jumil, modelo JM3090PD EXACTA, equipada para SPD, com chassi monobloco para sistema de arrasto, com unidade de sementes pantográfica, sistema pneumático de controle da profundidade das sementes, sistema hidráulico de deposição de sementes e adubo, discos duplos desencontrados para a colocação das sementes e haste sulcadora para a abertura do sulco de distribuição do adubo e rodas compactadoras duplas em “V”, operando com 7 fileiras de semeadura espaçadas de 0,45 m, com largura útil de 3,15 m e profundidade de semeadura de 0,05 m (Figura 5A).

Para o processo de semeadura, o conjunto trator semeadora-adubadora foi equipado: com monitor de plantio modelo Titanium marca Arvus (Figura 5B), acoplado na cabine do trator; antena GPS, acoplada acima da cabine; chicote de alimentação de energia entre o monitor e a bateria do trator; e chicote da antena para troca de dados entre a antena GPS e o monitor.

Utilizando o monitor de plantio foi realizada a calibração das sementes, primeiramente selecionou-se “Plantadeira” (descrição apresentada no monitor) efetuando o teste de sementes, após houve as configurações no Menu Principal - “Plantio”.

Para o teste de sementes o monitor ativa os motores hidráulicos que realizam a distribuição das sementes por 30 segundos, sendo as mesmas coletas na saída dos discos duplos nas 7 fileiras de semeadura, realizando-se a contagem e

calculando a média geral, após isto este valor é colocado no monitor que automaticamente calcula a quantidade de sementes necessária na distribuição, durante o processo de semeadura. O mesmo procedimento foi realizado para o adubo, pesando-o e calculando a média nas sete fileiras de semeadura.

Dentro do Menu Principal “Plantio” fez-se as configurações de “População”: selecionando “Taxa Fixa” a população pôde ser inserida diretamente (p/ha) ou através do campo densidade (sem/m), sendo calculado automaticamente e espaçamento (cm/sem); “Número de sementes do disco”: número dos furos do disco de sementes; “Perímetro da roda (m)”: circunferência da roda, para que a velocidade seja calculada através da roda do trator e não pelo GPS.

Durante a operação de semeadura no monitor de plantio, foi pressionado o botão no centro da tela para iniciar a operação, o botão de operação suspensa desapareceu, assim que o implemento se movimentou e dentro da faixa de velocidade de operação, a semeadura começou automaticamente. Para suspender a operação, pressionou-se novamente o centro da tela, o botão de operação suspensa apareceu confirmando a interrupção do insumo.



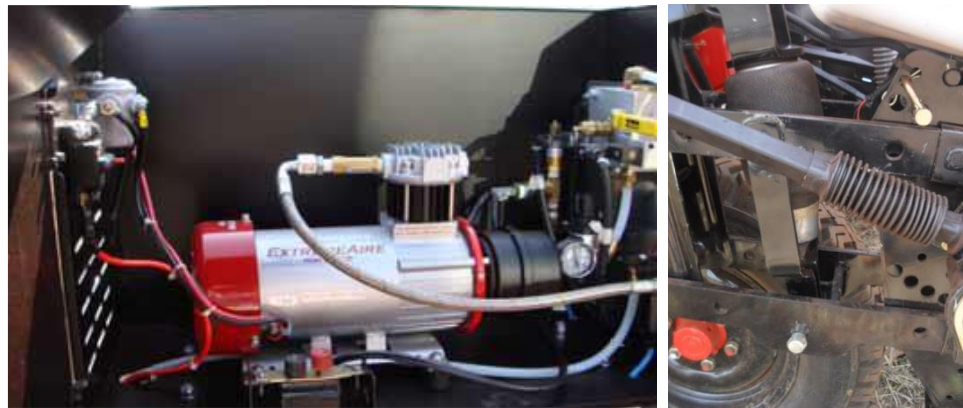
A



B

Figura 5. Semeadora-adubadora (A) e monitor de plantio (B).

O sistema pneumático de controle de profundidade da unidade de sementes é composto por um compressor de ar acionado eletricamente (Figura 6A) e por bolsas pneumáticas individuais em cada fileira de semeadura (Figura 6B), as quais foram reguladas para trabalhar com a pressão de 3,0 Bar.



A B
Figura 6. Compressor de ar (A) e bolsas (B) do mecanismo de controle de profundidade pneumático da unidade de sementes.

2.2.5.3 Sistema de aquisição de dados

Para realizar a aquisição e armazenamento dos dados referentes à variável, força de tração, 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.

2.2.5.4 Força e potência na barra de tração

A força requerida na barra de tração foi medida utilizando-se célula de carga marca Shimizu, modelo TF 400, com capacidade de 10 kN e precisão de ± 1 N, (Figura 8), instalada sobre um suporte de sustentação (berço) entre a barra de tração do trator e o cabeçalho da semeadora-adubadora. Para efetivar a medição torna-se necessário retirar o pino da barra de tração. Determinou-se a média dos valores armazenados (em unidade kgf) que foram posteriormente transformados para kN, sendo que as medições foram realizadas a cada segundo, e em seguida calculado o valor médio na parcela. A força de tração de pico foi representada pelo maior valor obtido na parcela.



Figura 8. Célula de carga utilizada.

O cálculo da demanda média e de pico da potência na barra de tração foi realizado segundo a equação (1). A potência de pico foi calculada utilizando-se a mesma equação, com a mudança de força de tração média para força de tração de pico.

$$PB = FT * v \quad (1)$$

Em que:

PB = potência média e de pico na barra de tração (kW);

FT = força de tração média e de pico na barra de tração (kN); e

v = velocidade de deslocamento (m s^{-1}).

2.2.6 Avaliações realizadas

2.2.6.1 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, nas profundidades de 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 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, possibilitando o cálculo do teor de água segundo o método gravimétrico padrão descrito em Embrapa (1997). O resultado do teor médio de água no solo nas três camadas foi de 25%.

2.2.6.2 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 réguas graduadas (precisão de milímetros), uma colocada até a semente no sulco de semeadura e outra em paralelo com a anterior ao nível do solo.

2.2.6.3 Distribuição longitudinal das sementes

A distribuição longitudinal das sementes na linha de semeadura foi determinada após esta operação, realizando a abertura do sulco de forma manual até encontrar todas as sementes existentes numa faixa de 2 m, nas duas fileiras centrais de cada parcela, sendo a distância entre sementes mensuradas com trena graduada (precisão de milímetros).

Os espaçamentos entre sementes (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.

Considerando-se que a semeadora foi regulada para as populações de 400 e 533 mil plantas ha^{-1} (18 e 24 sementes m^{-1}), seus respectivos espaçamentos de referência são 0,05 e 0,04 m, desta forma foram considerados como normais os espaçamentos entre plantas que estavam entre 0,025 e 0,075 m; 0,02 e 0,06 m, respectivamente.

2.2.6.4 População inicial e final

Considerou-se como estande inicial e final o número de plantas estabilizadas nas duas fileiras centrais das parcelas, com uma avaliação realizada após a estabilização do processo de emergência e a outra no dia da colheita, sendo os valores convertidos em número de plantas por hectare.

2.2.6.5 Altura de planta e de inserção da 1ª vagem

A altura média de planta de soja foi determinada pela medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta até a extremidade apical. Para a altura média de inserção de primeira vagem foi adotada a distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem. Foram tomadas medidas de dez plantas da área útil da parcela, na época da colheita.

2.2.6.6 Produtividade de grãos

Para a produtividade de grãos de soja, as plantas contidas na área útil de cada parcela foram colhidas manualmente e submetidas à trilha mecânica. Após a debulha foram pesados os grãos e a massa de grãos foi corrigida para a base úmida de 13%, conforme a equação (3) e posteriormente transformadas para $kg ha^{-1}$.

$$P = M_i * \frac{(100 - U)}{100 - 13} \quad (3)$$

Em que,

P = massa de grãos a 13% de umidade em kg

U = teor de água atual dos grãos, em %

M_i = massa inicial da amostra

2.2.6.7 Análise estatística

Realizou-se a análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste F com nível de significância de 5%, para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre os tratamentos analisados. Quando houve, aplicou-se o teste de médias por meio do Tukey a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Desempenho operacional do conjunto trator-semeadora/adubadora

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da ANOVA e teste de médias para as variáveis de demanda de tração do conjunto trator-semeadora-adubadora. Nota-se que houve diferença significativa na potência média e pico na barra de tração ($p < 0,05$) para a variável velocidade, resultando em maior demanda de potência na maior velocidade, pois a demanda de potência tem relação direta entre a força de tração e a velocidade.

Este fato está diretamente relacionado à velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora. Furlani, Lopes e Silva (2005) em semeadura direta a 5 km h⁻¹ encontrou valores para potência média de 30 kW. Cavichioli (2014) utilizando o mesmo modelo de trator, mas com semeadora da marca Marchesan, modelo COP Suprema com 7 linhas de semeadura, operando com 4 fileiras de semeadura, sob velocidade de 4,5 e 6,5 km h⁻¹ obteve interação significativa entre velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora e profundidade das hastes sulcadoras (10; 12,5 e 15 cm⁻¹) para as variáveis potência

média e pico. Constatou-se que para a variável potência média a exigência de potência na barra de tração foi significativa para a maior velocidade (6,5 km h⁻¹) em todas as profundidades sendo que a maior demanda de potência média foi na maior profundidade.

A força de tração média e pico não apresentaram diferença estatística significativa nas três velocidades de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora, devido às velocidades de deslocamento do conjunto não serem constantes.

Tabela 3. Síntese da análise de variância e do teste de médias para força e potência média na barra de tração, e força e potência pico na barra de tração na semeadura da soja.

Tratamentos	Força média (kN)	Força pico (kN)	Potência média (kW)	Potência pico (kW)
Velocidade (km h⁻¹)				
4,7	21,65	26,30	28,27 b	34,34 c
6,0	20,32	26,25	33,88 b	43,76 b
9,0	20,16	25,49	50,41 a	63,75 a
População (plts ha⁻¹)				
400.000	19,50	24,84	35,16	45,36
533.333	21,93	27,19	39,87	49,20
Teste F				
V	0,76 ^{NS}	0,18 ^{NS}	34,75 ^{**}	56,16 ^{**}
P	4,99 ^{NS}	3,67 ^{NS}	4,36 ^{NS}	2,76 ^{NS}
V*P	2,92 ^{NS}	4,04 ^{NS}	1,81 ^{NS}	3,19 ^{NS}
CV (%)	11,12	9,99	12,75	10,38
Média geral	20,71	26,02	37,52	47,28

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V.: coeficiente de variação (%). **significativo (P<0,01). *significativo (P<0,05). ns: não significativo.

Nas avaliações referentes à qualidade do processo de semeadura da soja (Tabela 4), todas as variáveis apresentaram algum tipo de diferença significativa, mas somente o estande inicial das plantas obteve significância em todos os fatores, inclusive na interação.

Analisando a distribuição longitudinal de sementes, observa-se que os maiores valores de porcentagem de espaçamentos falhos e duplos foram resultados da maior velocidade de semeadura (9 km h⁻¹).

A menor velocidade (4,7 km h⁻¹) resultou em menor porcentagem de espaçamentos falhos e duplos, além de maior valor de espaçamentos normais.

Acrescentando a isso, a profundidade de deposição da semente e o estande inicial não diferiram da velocidade intermediária de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora.

A velocidade de semeadura de 4,7 km h⁻¹ na população de 400 mil plantas ha⁻¹ apresentaram os melhores resultados para distribuição longitudinal de sementes de soja. Segundo Santos et al. (2011) 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.

Os elevados valores de coeficiente de variação para a porcentagem de espaçamentos falhos e duplos, aqui encontrados, indicam que estes fatos foram comuns no processo de semeadura, pois de acordo com Anderson (2001), valores ótimos de coeficientes de variação na semeadura estão abaixo de 10%, para espaçamentos normais.

Tabela 4. Síntese da análise de variância e do teste de médias para profundidade de deposição da semente, população inicial e distribuição longitudinal de plantas de soja.

Tratamentos Velocidade (km h ⁻¹)	Profundidade (m)	População Inicial (plantas ha ⁻¹)	Distribuição longitudinal		
			Falhos (%)	Duplos (%)	Normal (%)
4,7	0,052 ab	374.900	28 b	16 b	56 a
6,0	0,055 a	387.255	29 b	21 a	50 b
9,0	0,049 b	356.454	33 a	24 a	43 c
População (plts ha⁻¹)					
400.000	0,053	329.743	30	15 b	55 a
533.333	0,051	415.996	31	25 a	44 b
Teste F					
V	3,62*	4,32*	5,06*	16,92**	25,41**
P	1,33 ^{NS}	100,48**	1,38 ^{NS}	73,74**	58,42**
V*P	0,41 ^{NS}	6,74**	2,77 ^{NS}	1,91 ^{NS}	0,23 ^{NS}
CV (%)	16,73	11,30	21,48	27,37	14,61
Média geral	0,052	372.870	30	20	50

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V.: coeficiente de variação (%). **significativo (P<0,01). *significativo (P<0,05). ns: não significativo.

Comparando o tratamento inicialmente desejado de população 400 e 533 mil plantas ha⁻¹ com a população inicial, seus respectivos valores foram de

aproximadamente 329 e 415 mil plântulas ha^{-1} , abaixo dos previstos na regulação da semeadora-adubadora. Para Coelho (1996) na regularidade da população de plantas, é permitida variação máxima em torno de 7%, mas neste experimento estes valores foram de 18 e 22% do menor para a maior população.

Por se tratar de um protótipo, a semeadora-adubadora de precisão JM3090PD EXACTA seguiu as recomendações do fabricante e do técnico presente durante a operação de semeadura. Suas possíveis causas de não conformidade com o desejado pode ter ocorrido devido a fatores intrínsecos ao implemento como não conformidade de fabricação dos sistemas e componentes; ou extrínsecos com relação ao ambiente e as condições no momento da semeadura, entre outros.

O controle de profundidade das sementes composto por bolsas pneumáticas individuais em cada fileira de semeadura foram capazes de depositar as sementes, a aproximadamente 0,05 m de profundidade, como desejado inicialmente, quando reguladas para trabalhar com pressão de 3,0 Bar.

Na Tabela 5 verifica-se que na menor população de plantas não houve diferença da velocidade de deslocamento do conjunto trator semeadora-adubadora, mas na maior população as menores velocidades apresentaram os maiores estandes iniciais de plantas de soja.

Tabela 5. Valores médios obtidos do desdobramento para população inicial de plantas de soja (plantas ha^{-1}).

Tratamentos	População (plantas ha^{-1})	
Velocidade (km h^{-1})	400.000	533.333
4,7	329.712 aB	420.089 aA
6,0	325.892 aB	448.617 aA
9,0	333.625 aB	379.283 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Nas características agrônômicas da cultura da soja os valores de altura de inserção da primeira vagem (Tabela 6), apresentaram diferenças significativas para o tratamento velocidade de semeadura, sendo os maiores valores encontrados nas menores velocidades. Em média o valor é inferior ao limite mínimo ideal para colheita mecânica, que segundo Mello (1988) é de 13 cm. Peixoto e Souza (2002)

consideraram ideal a altura de inserção da primeira vagem na soja em torno de 15 a 20 cm, o que não seria empecilho à colheita mecanizada da soja.

Chioderoli et al. (2012) ao avaliar a colheita mecânica da cultivar de soja NA8500 com densidade de semeadura de 15 sementes m^{-1} , com espaçamento entrelinhas de 0,45 m no município de Santa Juliana (MG), na safra 2009/2010, também encontraram valores médios na altura de inserção de primeira vagem de 0,14 m.

A altura de inserção da primeira vagem de soja é uma característica agrônômica importante na operação de colheita mecanizada dos grãos (MEDINA, 1994), parâmetro fitotécnico fundamental para diminuir as perdas naturais e perdas na colheita. As possíveis variações desses componentes de produção podem sofrer alterações de acordo com as características genéticas da planta e a interação genótipo-ambiente.

Para peso de 100 grãos e altura de plantas não houve diferença estatística para os fatores analisados. Em média a altura de plantas foi de 1,15 m valor que para Barros et al. (2003) consideram ideal na colheita mecanizada nas condições de cerrado (acima de 50 cm).

De acordo com Guimarães et al. (2008), a altura de planta é característica fundamental na determinação da cultivar a ser introduzido em uma região, uma vez que se relaciona com a produtividade de grãos, o controle de plantas daninhas e as perdas durante a colheita mecanizada. Segundo SILVA et al. (2010), a altura de plantas, o fechamento das entrelinhas e o acamamento das plantas, são influenciados pelos fatores que condicionam o crescimento das plantas, ou seja, local (clima), ano, época de semeadura, cultivar e fertilidade do solo.

Com relação ao estande final de plantas de soja, o fator população apresentou diferença significativa, com maior valor resultado da maior população inicialmente desejada, enquanto o fator velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora, não significativo para estande final, efeito semelhante obteve Mahl (2006) para as velocidades de 5,5 e 7,9 $km\ h^{-1}$.

Na Tabela 6 e 7 a produtividade apresentou diferença significativa na interação entre os tratamentos, sendo a produção na velocidade intermediária 6,0 $km\ h^{-1}$ superior às demais, apenas na população inicialmente desejada de 533.333

plantas ha⁻¹. Cavichioli (2014) também obteve na produtividade de grãos de soja diferença significativa, mas apenas para o tratamento velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora, encontrando maior produção com o aumento da velocidade de deslocamento (nas velocidades de 4,5 e 6,5 km h⁻¹ as produtividades foram de 1570 e 1982 kg/ha⁻¹ respectivamente), resultados semelhantes foram encontrados por Klein et al., (2002).

Tabela 6. Síntese da análise de variância e do teste de médias para altura de plantas (m), altura de inserção da 1ª vagem (m), população final (plantas ha⁻¹), peso de 100 grãos (kg) e produtividade (kg ha⁻¹), na cultura de soja.

Tratamentos	Altura Plantas (m)	Altura da 1ª vagem (m)	População final (plts ha ⁻¹)	Peso de 100 grãos (kg)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Velocidade (km h⁻¹)					
4,7	1,16	0,14 a	286.355	0,012	2415,57
6,0	1,15	0,12 ab	339.688	0,012	3049,23
9,0	1,13	0,09 b	283.339	0,012	2562,34
População (plts ha⁻¹)					
400.000	1,15	0,13	238.667 b	0,012	2418,82
533.333	1,15	0,12	367.588 a	0,013	2932,61
Teste F					
V	1,39 ^{NS}	9,51 ^{**}	3,08 ^{NS}	0,34 ^{NS}	10,42 ^{**}
P	0,05 ^{NS}	0,77 ^{NS}	38,23 ^{**}	2,42 ^{NS}	18,76 ^{**}
V*P	0,09 ^{NS}	1,01 ^{NS}	1,09 ^{NS}	0,34 ^{NS}	5,12 [*]
CV (%)	5,27	30,14	16,85	7,51	9,40
Média geral	1,15	0,12	303.127	0,012	2675,72

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V.: coeficiente de variação (%). **significativo (P<0,01). *significativo (P<0,05). ns: não significativo.

Na Tabela 7 as produtividades superiores encontradas na população inicialmente desejada de 533.333 plantas ha⁻¹, exceto na velocidade de 9 km h⁻¹, podem estar relacionada ao resultado da população final (Tabela 6) que também foi maior para este tratamento, mas não identificado pelo Teste F no tratamento velocidade. Além disso, apenas o valor da população final na população inicialmente desejada de 533 mil plantas ha⁻¹ apresentou-se dentro das recomendações para a cultivar BMX Potência RR (Tabela 6). Silva et al. (2010) trabalhando com densidade populacional de 288 mil plantas e com 155 mil plantas para cultivar valiosa, também obtiveram maior produção na maior população.

Tabela 7. Valores médios obtidos do desdobramento para produtividade (kg ha^{-1}).

Tratamento	População (plantas ha^{-1})	
Velocidade (km h^{-1})	400.000	533.333
4,7	2128,68 aB	2702,46 bA
6,0	2576,33 aB	3522,14 aA
9,0	2551,45 aA	2573,23 bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Alterações relacionadas com a população de plantas podem aumentar os ganhos em produção, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre as linhas, entretanto a desuniformidade na distribuição longitudinal de plantas implica em um aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes; podendo acarretar o efeito contrário do desejado.

Além disso, é de grande importância a utilização de cultivares adaptados as condições edafoclimáticas da região e adequados a semeadura em grandes densidades, sem acarretar perdas na produtividade.

2.4 CONCLUSÕES

A produtividade de grãos foi maior na população inicialmente desejada de 533.333 plantas ha^{-1} na velocidade de 6 km h^{-1} .

A menor velocidade operacional proporcionou menor demanda de potência do trator, bem como maior distribuição longitudinal de espaçamentos normais.

CAPÍTULO 3 - PERDAS E QUEBRAS DE GRÃOS NA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA

RESUMO - A colheita da soja é realizada mecanicamente e neste processo a regulação da colhedora é um ponto importante e deve ser adequada para evitar perdas e quebra dos grãos. Neste sentido, esse trabalho objetivou determinar as perdas quantitativas e a qualidade da colheita mecanizada da cultura da soja inferindo por ferramenta de controle estatístico quanto à qualidade operacional do processo. A área amostrada constou de 30 pontos distribuídos em malha retangular, equidistantes em 40 m, selecionados sequencialmente a partir do início da colheita. Em cada ponto foi determinado altura de corte; umidade dos grãos na colheita; perdas na plataforma, nos mecanismos internos, na deficiência da altura de corte e totais; porcentagem de grãos inteiros e quebrados no graneleiro, na plataforma e no sistema de trilha e limpeza. A maior porcentagem de grãos inteiros foi encontrada na plataforma de corte, enquanto de grãos quebrados, no sistema de trilha e limpeza da colhedora. As perdas por deficiência na altura de corte representaram cerca de 50% das perdas totais no processo de colheita mecanizada de soja. As perdas nos mecanismos internos mantiveram-se em processo controlado. A altura de corte, as perdas pela deficiência da altura de corte, na plataforma e totais ficaram fora de controle estatístico de processo da colheita, necessitando de melhorias para o aumento da qualidade da operação.

Palavras chaves: *Glycine max*, cartas de controle, colhedora, processo mecanizado

LOSSES AND BREAKS OF GRAINS IN MECHANICAL HARVESTING OF SOYBEAN

ABSTRACT - The soybean harvest is realized mechanically and in this process the adjustment of the harvester is an important point and should be adequate to avoid losses and breaks of the grains. In this sense, this study objective was to determine the quantitative losses and the quality of mechanized harvesting of soybean inferring by statistical control tool as the operational quality of the process. The sampled area consisted of 30 points distributed in rectangular mesh, equally spaced at 40 m, selected sequentially from the beginning of harvest. Each point was determined cutting height; grain moisture at harvest; losses on the platform, internal mechanisms, disability of cutting height and total; percentage of whole and broken grain in bulk, in the platform and track system and cleaning. The highest percentage of whole grains found in the cutting deck, while the broken grains in the trail system and cleaning of the harvester. Losses for disability of cutting height accounted for about 50% of total losses in process mechanical harvesting of soybeans. The losses in the internal mechanisms remained in a controlled process. The cutting height, the losses for disability of cutting height, in the platform and total were out of statistical control harvesting process, requiring improvements to increase the quality of the operation.

Keywords: *Glycine max*, control charts, harvester, mechanized process

3.1 INTRODUÇÃO

O processo produtivo da soja pode ser completamente mecanizado, desde a semeadura e tratos culturais até a colheita. Porém somente no processo final de retirada dos grãos do campo pelas colhedoras, podem ocorrer perdas relacionadas à regulagem da colhedora que impactam na qualidade da colheita e consequentemente reduzem a quantidade do produto final.

Neste processo de mecanização a regulagem da colhedora é um ponto de grande importância e deve ser adequar conforme a cultura, material genético, teor de água dos grãos, velocidade da colhedora e finalidade dos grãos.

A maior parte dos danos que ocorrem nos grãos acontece no momento da trilha, onde a rotação do cilindro e a distância para o côncavo geram forças capazes de separar os grãos das vagens. Os principais danos aos grãos ocorrem na trilha, no transporte mecânico e na passagem das sementes por outros mecanismos internos das colhedoras e das máquinas. Conhecer o tipo de perda, danos e onde ocorrem é essencial para regulagens menos prejudiciais.

Carvalho e Novembre (2012) julgam que o teor de água recomendado para a colheita mecanizada de grãos de soja é de 12-16%, pois minimiza perdas e a ocorrência de danos mecânicos. Caso sejam colhidas com teor de água superior a 16% estão sujeitas a maior incidência de danos mecânicos latentes e, quando colhidas com teor abaixo de 12%, estão mais susceptíveis ao dano mecânico imediato (EMBRAPA, 2011).

Além da regulagem de rotação do cilindro de trilha, a distância entre o cilindro e o côncavo é de extrema importância à qualidade do produto e para a redução das perdas, que ocorrem na unidade de trilha. Outro fator relevante é a velocidade de deslocamento da colhedora e a velocidade do molinete que podem ser determinante nas perdas da plataforma de corte (HOLTZ; REIS, 2013).

O emprego do controle estatístico de processo para avaliar e/ou monitorar os indicadores de qualidade provenientes de operações agrícolas mecanizadas ainda é uma novidade no Brasil, entretanto é possível encontrar trabalhos com aplicações destas ferramentas utilizando normalmente as cartas de controle (valores individuais e de amplitude móvel) na colheita mecanizada de feijão (SILVA et al., 2013), de café

(CASSIA et al., 2013; CUSTODIO et al., 2012), de cana-de-açúcar (NORONHA et al., 2011) e por fim na soja (TOLEDO et al., 2008; COMPAGNON et al., 2012; CHIODEROLI et al., 2012; PAIXÃO, 2015).

Carta de controle multivariada é uma ferramenta estatística usada para monitorar a qualidade de um produto (ou processo), visando à identificação de não conformidades no produto para reduzir a quantidade de produtos fora das especificações e dos custos de produção. (FERRÃO; CORREA; VACARO, 2013).

Neste contexto, o controle estatístico de processo tem como objetivo detectar alterações provenientes de um determinado processo para que os problemas possam ser corrigidos, antes ou posteriormente à identificação do problema. Com a correção e a eliminação de desperdícios e falhas, redução de custos e aumento da produtividade, inúmeras vantagens serão acrescidas à competitividade do campo (BONILLA, 1994).

Considerando que a qualidade da operação de colheita está relacionada com a regulação das máquinas e fatores inerentes à cultura, o trabalho teve como objetivo determinar as perdas quantitativas e a qualidade do processo de colheita mecanizada da cultura da soja inferindo por ferramenta de controle estatístico quanto à qualidade operacional do processo.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em duas áreas da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP/Jaboticabal, no Estado de São Paulo, localizada nas proximidades das coordenadas geodésicas $21^{\circ}14' S$ e $48^{\circ}16' W$, 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.



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 precipitação pluviométrica média anual de 1453 mm. Os dados climatológicos da época de realização do experimento encontram-se na Figura 2.

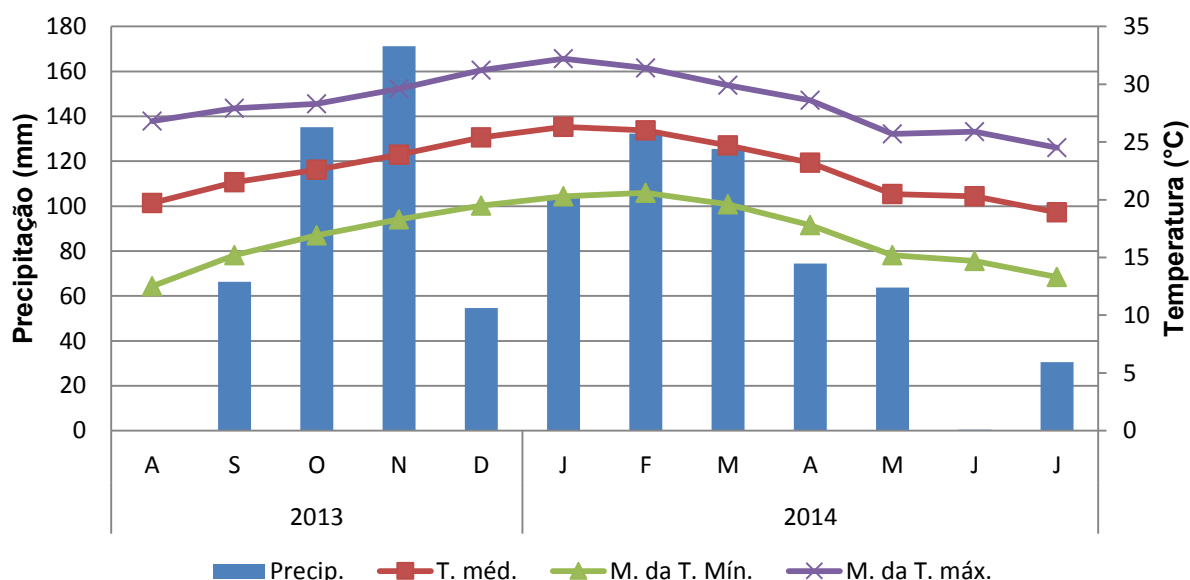


Figura 2. Dados meteorológicos da precipitação pluviométrica e temperatura máxima, mínima e média, durante a condução do experimento no ano agrícola 2013/14. (Fonte: Departamento de Ciências Exatas da FCAV – UNESP, Jaboticabal).

3.2.2 Análise granulométrica e química do solo

As análises granulométrica e química do solo (Tabela 1e 2) foram realizadas na profundidade de 0 a 0,2 m, coletadas antes da implantação do experimento no ano de 2013.

Tabela 1. Análise granulométrica da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m. Jaboticabal - SP.

Profundidade (m)	Argila	Silte	Areia		Classe Textural
			Fina	Grossa	
			(g kg ⁻¹)		
0 - 0,2	481	291	116	112	Argiloso

Tabela 2. Análise química da área experimental na profundidade de 0 a 0,2 m. Jaboticabal – SP.

Profundidade (m)	pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	P.resina (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H+Al (mmol _c dm ⁻³)	SB	T	V (%)
0 - 0,2	5,6	24	48	3,3	47	24	25	74,3	99,3	75

M.O: matéria orgânica; P-resina: fósforo em resina; SB: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V: saturação por bases.

3.2.3 Insumos básicos

A colheita da cultivar de soja BMX Potência RR foi realizada em 11 de março de 2014, em área anteriormente ocupada pela cultura do milho na safra 2012/13, que foi colhido mecanicamente anteriormente à semeadura da soja.

As características da cultivar, data de semeadura, manejo e insumos utilizados durante seu ciclo de desenvolvimento estão descritos no Capítulo 2.

3.2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado conforme critérios de controle de qualidade, sendo que a área amostrada constou de 30 pontos espacializados, equidistantes em 40 metros na faixa de colheita da colhedora (2 pontos por faixa, 15 faixas de colheita), selecionados sequencialmente a partir do início da colheita, para a avaliação dos parâmetros da colheita (Figura 3).

A área total do experimento foi de aproximadamente dois hectares. Cada passada da colhedora ocupou uma área de 1250 m², 250 m de comprimento por 5,0 m de largura (aproximadamente a largura da plataforma). A avaliação foi realizada em dois pontos dentro de cada faixa de colheita. Cada bloco de colheita foi constituído de 7 linhas de soja, espaçadas de 0,45 m. A cultura foi semeada em Sistema Plantio Direto, com 12 anos de cultivo, sob palhada da cultura de milho.

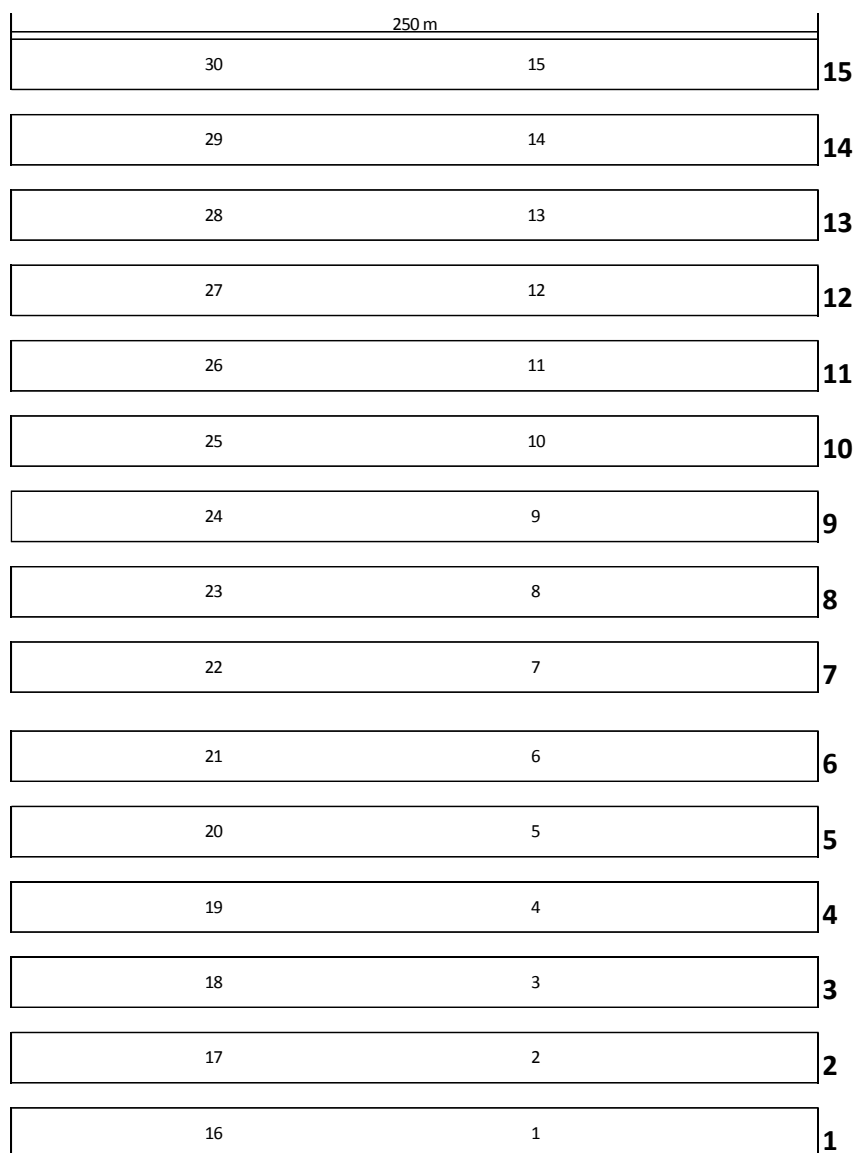


Figura 3. Croqui da área experimental com distribuição das faixas de colheita e pontos amostrados.

3.2.5 Equipamentos utilizados

3.2.5.1 Colhedora

Foi utilizada uma colhedora radial da marca SLC/JohnDeere modelo 1165, com potência de 103 kW (140 cv) no motor, plataforma de corte de 3,8 m, cilindro e côncavo de barras, capacidade do tanque graneleiro de 3900 L, operando durante a colheita com velocidade média de deslocamento de 1,8 km h⁻¹, obtida pela média de três cronometragens para percorrer intervalos de 20 m, com rotação do cilindro

trilhador em 1000 rpm e abertura do cilindro x côncavo da colhedora de 29 mm (Figura 4).



Figura 4. Colhedora utilizada no experimento.

3.2.5.2 Medidor de teor de água dos grãos

Foi utilizado no experimento o medidor modelo G600 da marca GEHAKA AGRI (Figura 5), para mensurar a temperatura e o teor de água dos grãos. O G600 realiza as medidas em poucos segundos, sem destruir a amostra, utilizando baterias ou conectado na rede elétrica, possui sistema de auto-calibração que reajusta o equipamento a cada medida.



Figura 5. Medidor de teor de água dos grãos de soja.

3.2.6 Avaliações realizadas

3.2.6.1 Determinação das perdas na colheita

Foram utilizados 3 armações de área conhecida no total de 0,69 m². Cada aro foi lançado logo após a passagem da plataforma da colhedora em pontos pré-determinados, de modo que duas armações ficaram dispostas fora do traçado dos rodados da colhedora (esquerda e direita) e um terceiro foi lançado entre os rodados dianteiro e traseiro (Figura 6) segundo metodologia proposta por Bragachini et al. (1992).

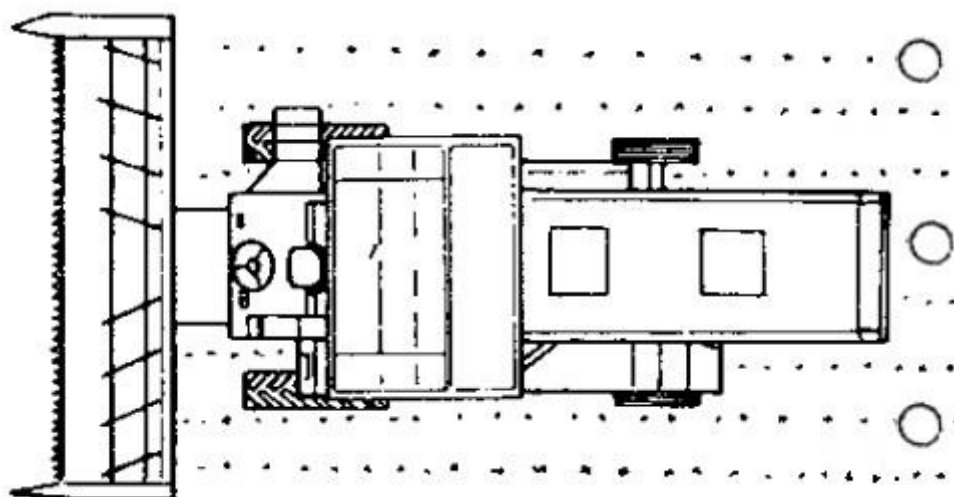


Figura 6. Esquema de amostragens segundo metodologia de Bragachini et al. (1992).

Após a passagem da colhedora, foram coletados em cada um dos pontos todos os grãos presentes dentro da armação e embaixo dela para determinar posteriormente, a massa e a umidade dos grãos. A umidade em todos os pontos foi corrigida para 13% na base úmida, conforme recomenda Portella (2000).

As perdas na colheita mecanizada de soja foram definidas da seguinte maneira:

a) Perdas por deficiência na altura de corte (PAC): quando os grãos dentro da armação estavam em partes não costadas das plantas que continham vagens;

b) Perdas pelo sistema de trilha e limpeza ou perdas na máquina (PM): determinada pela massa de grãos livres encontrados em cima da tela, dentro da armação;

c) Perdas da plataforma (PP): para grãos livres dispostos no solo.

Como não se encontrou perdas naturais anteriores à colheita, elas foram desconsideradas nas análises.

3.2.6.2 Altura de corte da plataforma

A altura média de corte da planta de soja foi determinada pela medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta até o ápice de corte. Foram tomadas medidas de 5 plantas em cada ponto amostral.

3.2.6.3 Umidade de colheita

Para determinação da umidade dos grãos no momento da colheita, foram coletadas amostras retiradas diretamente da entrada do tanque graneleiro em cada ponto amostral, que foram ensacadas e levadas ao laboratório para análise da umidade utilizando um medidor de umidade da marca Gehaka, modelo G600.

3.2.6.4 Porcentagem de grãos quebrados

Na análise de grãos quebrados, da amostra de umidade de colheita foi retirada uma amostra aleatória de grãos e colocados em uma tábua com 100 furos. Contou-se os grãos inteiros e quebrados, para determinar a porcentagem de quebra dentro do graneleiro em cada ponto amostral, realizando quatro repetições. A porcentagem de quebra na plataforma e nos mecanismos internos foi realizada junto às amostras de perdas.

3.2.7 Análises estatísticas

3.2.7.1 Análise de variância

Os dados de perdas e quebra de grãos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) aplicando-se o teste F com nível de significância de 5%, para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre os tratamentos analisados. Quando houve, aplicou-se o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2.7.2 Análise descritiva

Para todas as variáveis foi realizada uma análise descritiva (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002), para permitir a visualização geral do comportamento dos dados, utilizando-se do programa Minitab 16. Os parâmetros considerados foram: as medidas de tendência central (média aritmética e mediana), medidas de dispersão (amplitude, desvio-padrão e coeficiente de variação) e coeficientes de assimetria (Cs) e de curtose (Ck), além do teste de Anderson-Darling.

A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste de Anderson-Darling, sendo este uma medida de proximidade dos pontos e da reta estimada na probabilidade conferindo maior rigidez à análise (ESPINOSA; CALIL JÚNIOR; LAHR, 2004).

Uma das possibilidades para se medir a dispersão dos dados se dá por meio do desvio padrão que, de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002) é melhor que a amplitude, pois tem propriedades matemáticas mais convenientes. O desvio padrão pode ser definido como a medida de dispersão que leva em consideração todos os dados, considerando os desvios dos valores em relação à média. Sua obtenção é resultado da média quadrática dos desvios em relação à média aritmética do conjunto de dados considerados.

Com relação ao coeficiente de variação da distribuição de uma amostra, os autores anteriores os classificam como muito alto (>30%); alto (entre 21 e 30%); médio (11 a 20%) e baixo (<10%).

3.2.7.3 Cartas de controle para valores individuais e de amplitude móvel

Para a construção dos gráficos sequenciais e das cartas de controle para valores individuais e de amplitudes móveis foram utilizados os indicadores de qualidade da operação de colheita da soja (altura de corte e perdas de grãos), independentemente da sua suposição de normalidade (MONTGOMERY, 2000).

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). O programa (Minitab 16) avalia se o processo está sob controle ou fora de controle, quando algum ponto apresentar valor maior ou menor que três vezes o desvio-padrão da média considera-se fora dos limites de controle.

O 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 7).

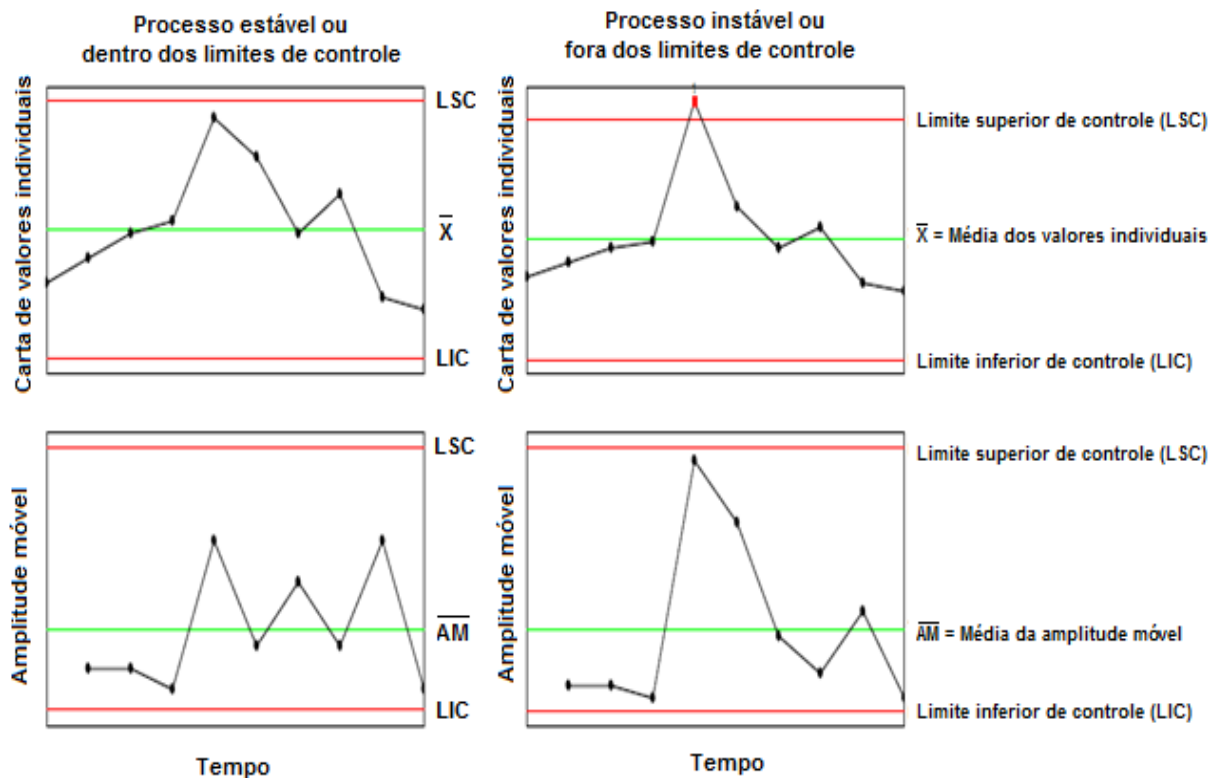


Figura 7. Modelo de cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel.

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).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos resultados da análise descritiva para altura de corte os valores médios foram de 0,14 m, próximos aos resultados observados por Pereira et al. (2010), quando afirmam que os padrões normais para altura de corte na colheita mecanizada de soja seria de 0,15 m.

Tabela 3. Análise estatística para Altura de corte (AC; cm), umidade de colheita dos grãos (UC; %), perdas na plataforma (PP; kg ha⁻¹), perdas na máquina (PM; kg ha⁻¹), perdas por deficiência na altura de corte (PAC, kg ha⁻¹), grãos inteiros e quebrados (GI e GQ) no graneleiro (G), plataforma (P) e na máquina (M) em porcentagem.

	Média	Mediana	Amplitude	Desvio-padrão	Coeficientes			Teste*
					Variação (%)	Assimetria	Curtose	
AC	14	14.3	8.8	2.2	15.6	-0.1	-0.3	N
UC	13	12.6	1.9	0.6	4.5	0.6	-1.0	N
PP	163.0	146.8	476.6	85.3	52.3	3.8	17.9	N
PM	79.9	78.2	70.5	17.2	21.6	0.7	0.6	N
PAC	248.7	236.6	740.9	158.2	63.6	1.5	2.9	N
GIP	96	96.8	18.2	4.0	4.2	-1.7	4.2	N
GIG	75	75.5	26.5	6.2	8.3	-0.8	0.7	N
GIM	66	66.5	66.7	17.3	26.1	0.1	-0.8	N
GQP	4	3.2	18.2	4.0	100.1	1.7	4.2	N
GQG	25	24.5	26.5	6.2	25.0	0.8	0.7	N
GQM	34	33.5	66.7	17.3	51.3	-0.1	-0.8	N

*N: distribuição de frequência normal pelo teste de Anderson-Darling ($p < 0,05$); A: distribuição assimétrica.

Para AC houve distribuição normal devido à semelhança nos valores da média e mediana, com valores dos coeficientes de assimetria e curtose próximos de zero, o que foi confirmado pelo teste de Anderson-Darling (Tabela 1).

No momento da colheita a umidade dos grãos (UC) apresentou coeficiente de variação baixo, demonstrando uniformidade entre os pontos. Em colheita mecanizada é desejável que haja baixa variação das condições dos grãos, quanto menor o coeficiente de variação mais uniforme está a umidade na colheita, pois indica que a regulação dos mecanismos internos da colhedora: rotação do cilindro de trilha, abertura entre cilindro e côncavo, pode ser mantida, dentro de certos limites, reduzindo as perdas e danos mecânicos.

O valor médio do teor de água dos grãos foi de aproximadamente 13%, considerado próximo ao ideal, pois, de acordo com Embrapa (2011), o teor de água ótimo para colheita da soja está na faixa de 12% a 14%. Neste aspecto, para Wright et al. (2014), o teor de água ideal para colheita de soja, na faixa de 12% a 14%, é fundamental para minimizar danos físicos e perdas por quebra de grãos, que são potencializados quando a colheita é realizada com teor de água abaixo de 12%.

Para as perdas na plataforma (PP), perdas nos mecanismos internos da máquina (PM) e por deficiência na altura de corte (PAC), houve maior concentração

de pontos em torno de valores menores que a média (coeficientes de assimetria e curtose positivos), isso significa que a maioria dos valores estava abaixo da média. Entretanto, percebe-se grande variabilidade dos dados, constatada pelos elevados valores de amplitude, desvio-padrão e coeficiente de variação. Em especial para PP e PAC, nota-se maior afastamento entre a média e a mediana, explicado pelos altos valores da amplitude, aumentando, assim, o valor da média. Na prática, isso demonstra que não houve uniformidade nas perdas, ora praticamente nula, ora próxima à mediana, e ora extremamente elevada.

Para grãos inteiros no graneleiro (GIG), na plataforma (GIP) e na máquina (GIM) a distribuição de frequências foi normal, representando que ocorreu concentração dos valores ao redor da média, por sua vez próxima da mediana, com amplitude não muito elevada. O coeficiente de curtose positivo para GIG e GIP demonstra que as perdas tendem a se concentrar em torno da média, e o coeficiente de assimetria negativo indica que houve tendência de redução das perdas. Houve também normalidade na distribuição de frequências para grãos quebrados no graneleiro (GQG), na plataforma (GQP) e na máquina (GQM).

A porcentagem de grãos inteiros na plataforma (PLT) representou 96%, enquanto no graneleiro (GRL) e no sistema de trilha e limpeza (STL) corresponderam a 75 e 66%, respectivamente (Figura 8a). A menor proporção de grãos inteiros e também maiores de quebrados dentro da máquina seja no GRL ou STL, pode ser explicada pelo fato de a colhedora estar trabalhando sob alta rotação no cilindro trilhador, cerca de 1000 rpm, ou pela baixa velocidade de deslocamento, 1,8 km h⁻¹. Segundo Costa et al. (2001) e Herbek e Bitzer (1997), rotações do cilindro de trilha inferiores a 500 rpm promovem menores índices de danos à semente, ou seja, a operação acima de 500 rpm torna-se prejudicial à qualidade das sementes. Herbek e Bitzer (1997) enfatizam também que velocidades de operação na faixa de 4,0 a 5,0 km h⁻¹ resultam em menores índices de perdas na colheita e, conseqüentemente, menores danos mecânicos e declínio no vigor.

Mesquita, Molin e Costa (1998) afirmam que as perdas com a quebra das sementes representam de 1,7% a 14,5% das perdas na colheita. Colhedoras que possuem sistema de trilha longitudinal ou axial apresentam menores danos

mecânicos às sementes quando comparados com sistema de trilha radial (MESQUITA et al., 2002; CAMPOS et al., 2005).

A perda de grãos na plataforma (PP) representou 33% da perda total (PT), enquanto as perdas nos mecanismos internos na máquina (PM) e por deficiência na altura de corte (PAC) corresponderam a 16 e 51%, respectivamente (Figura 1b). A maior proporção de perdas constatada em PAC pode ser explicada pelo fato de a colhedora possuir sistema de controle manual da altura de corte da plataforma (plataforma rígida), o que aumenta a possibilidade de ocorrer o corte ineficiente, necessitando de uma atenção maior do operador.

Para esta cultivar de soja o resultado do valor médio de altura de inserção da primeira vagem foi 0,12 m, enquanto a altura de corte foi de 0,14 m, essa diferença entre essas variáveis é outro fator que pode explicar a alta quantidade de perdas na altura de corte ($248,6 \text{ kg ha}^{-1}$), que representou cerca de 50% das perdas totais (Figura 8b).

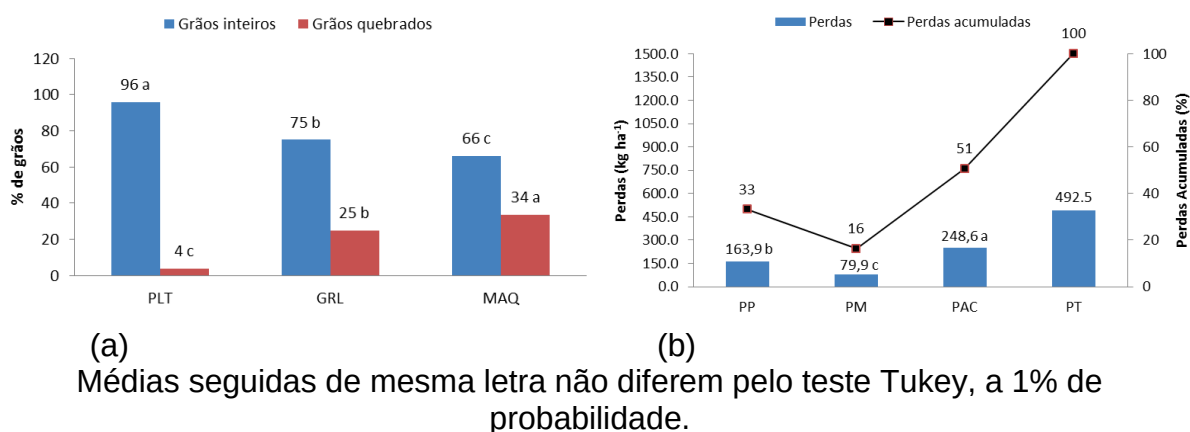


Figura 8. Porcentagem de quebra (a) na plataforma de corte (PLT), no graneleiro (GRL) e no sistema de trilha e limpeza da máquina (MAQ) e perdas de grãos (kg ha^{-1}) (b) na plataforma (PP), nos mecanismos internos na máquina (PM) e por deficiência na altura de corte (PAC) na colheita mecanizada de soja.

É de conhecimento que alta rotação do cilindro trilhador pode ter resultado em maior quebra de grãos, entretanto também pode ter sido a causa das perdas no sistema de trilha e limpeza da máquina (PM).

As perdas na plataforma podem ser relacionadas ao índice de velocidade do molinete, altura da barra de corte e/ou rotação do caracol, porém duas dessas variáveis não puderam ser avaliadas e por este motivo não podem ser afirmadas.

É recomendado pela Embrapa (2011) e por Costa e Tavares (1995) que as perdas totais de grãos não ultrapassem os 60 kg ha⁻¹, entretanto os resultados são 820% superiores a recomendação (492,5 kg ha⁻¹).

Ao se analisar a carta de controle para altura de corte (Figura 9), percebe-se alta variação ascendente entre os pontos 2 e 3, relatada na carta para amplitude entre os pontos, afetada por alguma causa não inerente ao processo, contribuindo diretamente para a redução da perda total no ponto 3. A variação constatada apresentou valor superior ao LSC, esse alto valor da amplitude não afetou a carta para os valores individuais de perda, mas, mesmo assim, tornam o processo fora de controle estatístico.

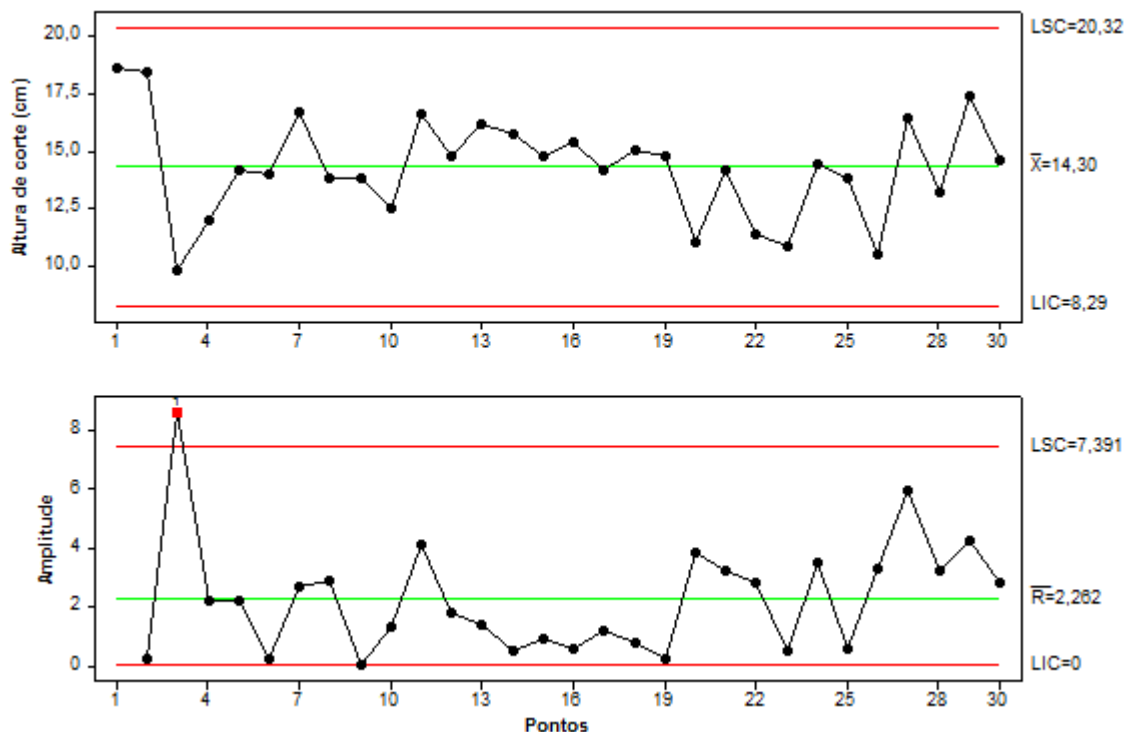


Figura 9. Carta de controle para altura de corte da plataforma (cm).

A partir da perda total de grãos, teve-se o objetivo de classificar a origem dessas, em função dos sistemas internos e externos de controle da colhedora, para auxiliar na identificação das causas especiais de variação. Assim, na Figura 10 estão

representadas as perdas: pela deficiência na altura de corte, na plataforma, pelos mecanismos internos da colhedora e as totais.

Nas perdas pela deficiência na altura de corte (Figura 10) percebe-se alta variação ascendente entre os pontos 25 e 26, culminando no ponto 27, que fica fora do limite superior de controle, relatada na carta para amplitude entre os pontos, afetada por alguma causa não inerente ao processo, contribuindo diretamente para o aumento da perda total no ponto 26 que também apresenta fora do LSC na carta de valores individuais.

Para as perdas de grãos na plataforma (Figura 10), percebe-se que até o ponto 20 o comportamento dessa variável é mais estável, comprovado pelos baixos valores de amplitude, com a maioria dos pontos próximos à média. A partir desse ponto, a distribuição apresentou comportamento instável, considerado fora de controle, pois, entre os pontos 51 e 52, a amplitude observada ultrapassou o limite superior de controle, indicando que causas especiais de variação interferiram no processo, refletindo diretamente sobre o ponto 51, que atingiu perda superior ao LSC, devido à alta variação em relação ao ponto anterior.

As PAC e as PP estão em conformidade aos dados de perdas analisados no Teste F e representado pelos gráficos do teste de Tukey, sendo as PAC e PP representaram cerca 51 e 33% das perdas totais respectivamente (Figura 1b).

A maior proporção de perdas constatada nas avaliações anteriores (aproximadamente 84% do total) pode ser explicada pelo fato de a colhedora possuir sistema de controle manual da altura de corte da plataforma (plataforma rígida), o que aumenta a possibilidade de ocorrer o corte ineficiente, necessitando de uma atenção maior do operador. Além disso, a BMX Potência RR apresentou como valor médio de altura de inserção da primeira vagem de 0,12 m, enquanto a altura de corte foi de 0,14 m, essa diferença entre essas variáveis é outro fator que pode explicar a alta quantidade de perdas.

As perdas de grãos de soja pelos mecanismos internos da colhedora (trilha e limpeza) mantiveram-se em processo controlado, como demonstrado na Figura 10, ou seja, dentro dos limites superior e inferior de controle. Para essa variável, a média encontrada foi de 80 kg ha⁻¹ representando 16% das perdas totais, a menor entre as perdas, porém maior que o desejável.

Com relação às perdas totais de grãos na Figura 10, a amplitude manteve-se dentro dos limites de controle durante todo o processo, porém se analisada a carta para os valores individuais para os mesmos pontos, a distribuição apresentou comportamento instável no ponto 116 (fora do LSC). Essa instabilidade da carta de valores individuais nas perdas totais ocorreu devido aos dados provenientes principalmente das perdas na altura de corte, que especificamente neste ponto foram bastante elevadas, proporcionada por alguma causa não inerente ao processo, que pode estar relacionada com a posição assumida pelo ponto na área.

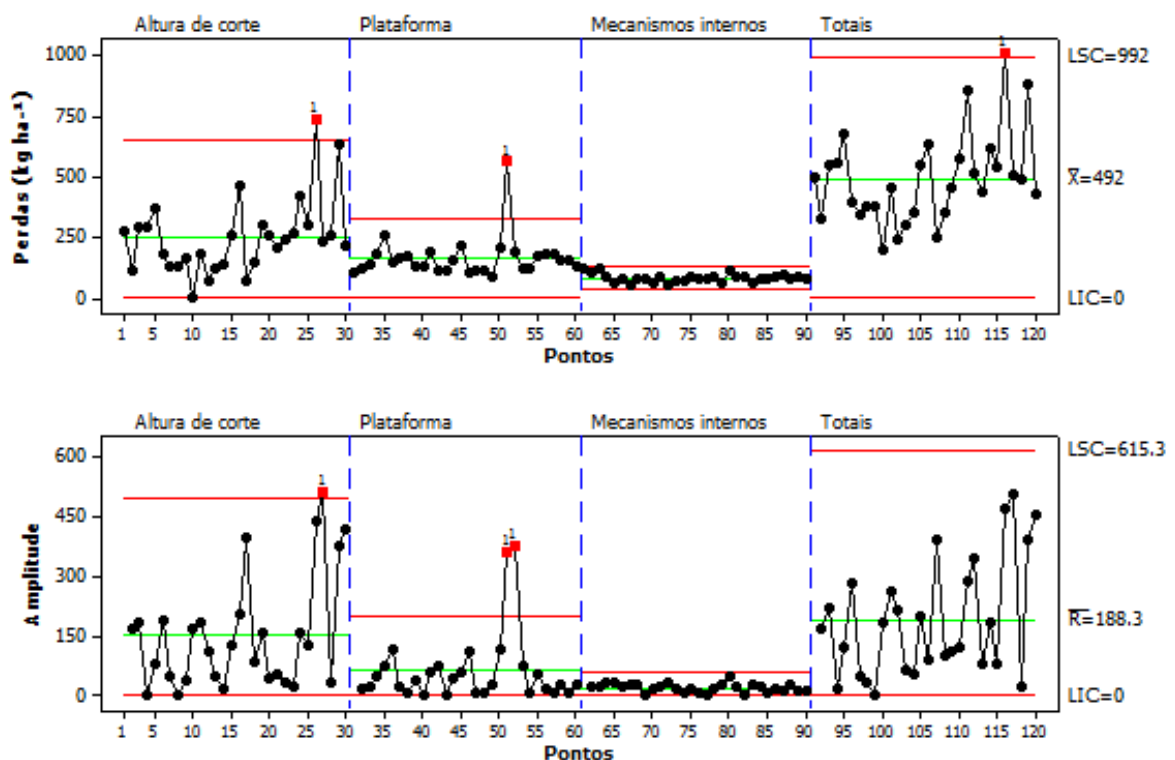


Figura 10. Carta de controle para perdas de grãos na plataforma, nos mecanismos internos, na deficiência da altura de corte e totais (kg ha^{-1}) na colheita mecanizada de soja.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), as causas de variação do processo produtivo são classificadas em dois grupos: causas de variação comuns (ou não assinaláveis) e especiais (ou assinaláveis). Os mesmos autores afirmam que as causas comuns não podem ser evitadas, e quando o processo contém somente causas de variação comuns, as variáveis do processo seguem uma distribuição normal. Já as causas especiais podem ser eliminadas e são ocasionadas por

motivos claramente identificáveis e alteram os parâmetros do processo, média e desvio-padrão.

As causas especiais em operações agrícolas podem estar ligadas a diversos fatores, os quais pode-se citar: regulagem incorreta da colhedora, experiência do operador, diferenças nas condições do solo, variações na velocidade de deslocamento, ataque de pragas (CHIODEROLI, et al., 2012), topografia da área, tempo decorrido da operação ou, ainda, ao comportamento dinâmico da cultura durante seu desenvolvimento, entre outros (TOLEDO, et al., 2008).

3.4 CONCLUSÕES

A maior porcentagem de grãos inteiros foi encontrada na plataforma de corte, enquanto de grãos quebrados, no sistema de trilha e limpeza da colhedora.

As perdas por deficiência na altura de corte representaram cerca de 50% das perdas totais no processo de colheita mecanizada de soja.

As perdas nos mecanismos internos mantiveram-se em processo controlado. A altura de corte, as perdas pela deficiência da altura de corte, na plataforma e totais ficaram fora de controle estatístico de processo da colheita, necessitando de melhorias para o aumento da qualidade da operação.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, M.; TOURN, M. C.; ROSATO, H. Efecto de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribucion y emergencia de maíz. In: BARBOSA, O. A. Avances em ingenieria agrícola 2003-2005. San Luis: CADIR 2005, 2005. p. 77-81.

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.

ANDERSON, C. **Avaliação técnica de semeadoras-adubadoras para plantio direto**. Plantio Direto, Passo Fundo, n.66, p.28-32, 2001.

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).

ARALDI, P. F.; SCHLOSSER, G. F.; FRANTZ, U. G.; RIBAS, R. L.; SANTOS, P. M. Eficiência operacional na colheita mecanizada em lavouras de arroz irrigado. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 445-451, 2013.

ASSIS, R. L., BAHIA, V. G. Práticas mecânicas de recuperação de características físicas dos solos degradados pelo cultivo. **Informe Agropecuário**, v. 19, n. 191, p. 71-78, 1998.

BARROS, H. B.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, M. M.; BRITO, E. L.; ALMEIDA, R. D. Efeito das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v. 50, n. 291, p. 565-572, 2003.

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.

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

BOTTEGA, E. L.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M. Avaliação de uma colhedora e da qualidade de sementes de forragem colhidas por varredura. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, Campo Mourão, v. 9, n. 1, p. 10-20, 2014.

BOWMAN, D. I. Feasibility studies on planting corn trials to a stand. **Crop Science**, Madinson, v.27, n.6. p.1231-1234, 1987.

BRAGACHINI, M. et al. Cosecha de soja. In: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA. Soja. Manfredi, p. 63-176, 1992.

BRASMAX – Empresa de melhoramento genético. Disponível em: <<http://brasmxgenetica.com.br/cultivar/regiao-cerrado/produto/30>>. Acessado em: 27 de junho de 2015.

CALEGARI, A. Rotação de culturas e uso de plantas de cobertura: dificuldades para a sua adoção. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: F. B. P. D. P., 2000. p. 145-152.

CAMPOS, M. A. O.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; MESQUITA, H. C. B.; ZABANI, S. Perdas na colheita mecanizada de soja no Estado de Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 207-13, 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, T. C.; NOVENBRE, A. D. L. C. Qualidade de sementes de soja colhidas de forma manual e mecânica com diferentes teores de água. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 155-166, 2012.

CASSIA, M. T., SILVA, R. P., CHIORDEROLLI, C. A., NORONHA, R. H. F., SANTOS, E. P. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n.1, p. 28-34, 2013.

CAVICHIOLO, F. A.; **Velocidade de semeadura e profundidade da haste em sistema plantio direto de milho e soja**. 2014. 80 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R. H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p. 112-121, 2012.

COELHO, J.L.D. **Ensaio e certificação das máquinas para semeadura**. In: MAILHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaio e certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. Cap. 11, p. 551-70.

COMPAGNON, A. M.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M. A. Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Revista Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 3, n. 3, p. 215 – 223, 2012.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 2 - Safra 2014/15, n. 10 - Décimo levantamento, Brasília, p. 1-109, julho 2015.

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, 2006.

COSTA, N.P.; TAVARES, L.C.V. **Fatores responsáveis pelos elevados percentuais de perdas de grãos durante a colheita mecânica de soja**. Informativo ABRATES, Brasília, v.5, n.1, p.17-25, 1995.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C; FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, J.E.; BORDINGNON, J.R., KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três Estados do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.23, n1, p.144-145, 2001.

CUSTODIO, A. A. P. et al. Controle estatístico aplicado na colheita mecanizada de cafeeiros irrigados. **Revista de Agricultura**, v.1, p.172-180, 2012.

CUNHA, J. P. A. R.; PIVA, G.; OLIVEIRA, C. A. A. Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 37-42, 2009.

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.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 21762902; n.15).

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.

ESPINOSA, M. M.; CALIL JÚNIOR, C.; LAHR, F. A. R. Métodos paramétricos e não paramétricos para determinar o valor característicos em resultados de ensaio de madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 76-83, 2004

FERREIRA I.C.; SILVA R.P.; LOPES A.; FURLANI C.E.A. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na agricultura**, Viçosa-MG, v.5, n.2, 141-150, 2007.

FERRÃO, M. F.; CORREA, C. E.; VACARO, B. Aplicação de cartas de controle multivariadas para o controle de qualidade de blendas biodiesel/diesel . Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS – Brasil. II WSPI – Workshop em Sistemas e Processos Industriais, Santa Cruz do Sul, RS, 8 – 10 de maio de 2013.

FORD, J. H.; HICKS, D. R. Corn growth and yield in uneven emerging of stands. **Journal of production agriculture**. University Minnesota, Lamberton, v.5, n.1. p.185-188, 1992.

FURLANI C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. da. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p.458-464, 2005.

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.

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.

GUIMARÃES, F. S.; REZENDE, P.M.; CASTRO, E. M.; CARVALHO, E. A.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, E. R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, jul./ago. 2008.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max*(L.)Merril) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 81 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

HERBEK, J.H.; BITZER, M.J. **Soybean production in Kentucky: harvesting, drying, storage and marketing**. Lexington: University of Kentucky, College of Agriculture, 1997. part.5, p.1-5.

HESSLER, C.V.; CAMARGO, M.E.; DORION, E. Application control charts for analysis of quality in industrial painting. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING 39., 2009, Troyes: **Proceedings...**, Troyes: IEEE Xplore, 2009. p. 1330-1334.

HOLTZ V, REIS, E.F. Perdas na colheita mecanizada de soja: uma análise quantitativa e qualitativa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 347-353, mai/jun, 2013.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIA, L. C. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.102-110, jan./fev. 2011.

KLAVER, P. P. C.; GARCIA, R. C.; JUNIOR, J. F. V.; JUNIOR, C. D. Programa computacional para a determinação da capacidade operacional de máquinas agrícolas. **Revista Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 05, n. 01, p. 52 – 58, 2012.

KLEIN, V.A.; SIOTA, T.A.; ANESI, A.L. ; BERBOSA, R. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. **Engenharia Agrícola**, v.22, n.1, p.75-82, jan. 2002.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36. n. 1. p. 21-28, 2006.

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.

MAGALHÃES, S. C.; OLIVEIRA, B. C.; TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; SILVA, R. P. Perdas quantitativas na colheita mecanizada de soja em diferentes condições operacionais de duas colhedoras. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, n. 25, v. 5, p. 43-48, 2009.

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.; 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.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.R. Administração da produção. 2.ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

MEDINA, P. F. **Produção de sementes de cultivares precoces de soja, em diferentes épocas e locais do Estado de São Paulo**. 1994. 173f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MELLO, A. J. R.; **Distribuição longitudinal e produtividade do milho em função da velocidade de deslocamento e da profundidade de deposição da semente**. 2011. 103 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2011.

MELLO, L. M. M. **Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo na cultura da soja (Glycine max (L) Merrill) e sobre algumas propriedades de um Latossolo Vermelho Escuro de Cerrado**. 1988. 132f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

MENEZES, L. A. S. **Alteração de propriedades químicas e físicas do solo em função da fitomassa de plantas de cobertura**. 2002. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

MESQUITA, C. M.; MOLIN, J. P.; COSTA, N. P. Avaliação preliminar de perdas "invisíveis" na colheita da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 106-108.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PEREIRA, J. E.; MAURINA, A. C.; ANDRADE, J. G. M. Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: safra 1998/1999. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 398-406, 2002.

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 Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 424-428, 2005.

MILAN, M. **Controle de qualidade em operações agrícolas**. In: CÂMARA, G. M. S. Soja: tecnologia da produção. 1 ed. Piracicaba: ESALQ, 1998. p. 113-120.

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

MINGOTI, S.A.; FIDELIS, M. T. Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo. **Revista Produto e Produção**, v.5, p.55-70, 2001.

MODELO, A. J.; SILVA, S. de L.; SILVEIRA, J. C. M. da; MERCANTE, E. Avaliação do desempenho de duas semeadoras-adubadoras precisão em diferentes velocidades. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa MG, v. 12, n. 4, p. 298-306. 2004.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 100 – 200, 2000.

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

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

OLIVEIRA, J.G.R.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Bol. geogr.**, v. 30, n. 3, p. 91-98, 2012.

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.

PAIXÃO, C. S. S.; **Tempos, movimentos e qualidade da operação de colheita mecanizada de soja em função do formato dos talhões**. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.

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.

PAULA, M. B.; ASSIS, R. P.; BAHIA, V. G.; OLIVEIRA, C. V. Efeitos dos resíduos culturais, adubos verdes, rotação de culturas e aplicação de corretivos nas propriedades físicas e recuperação dos solos. **Informe Agropecuário**, v. 19, n. 191, p. 66-70, 1998.

PEIXOTO, M. F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 252-258, 2002.

PEREIRA JÚNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; CORRÊA, L. V.; CARVALHO, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 908-913, 2010.

PEREIRA J. P.; REZENDE, P.M.; MALFITANO, S.C.; LIMA, R.K.; CORRÊA, L.V.T.; CARVALHO, E.R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.)]. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.908-913, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PORTELLA, J.A. **Colheita de grãos mecanizada: implementos, manutenção e regulação**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 190 p.

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 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. Influencia 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, E. F. et al. Características operacionais de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura da soja. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v.16, n.3, p. 70-75, 2007.

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.

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.

SILVA, R.P.; PASCHOAL, M.A.; SERON, E.; CAIXETA, R.V. Determinação do índice de mecanização agrícola de Uberaba - MG, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.220-2.

SILVA, B. A., OLIVEIRA, C. A. O., LIMA, L. P., GUIMARÃES, E. C., TAVARES, M. Avaliação de uma semeadora-adubadora durante a implantação da cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39, 2010, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2010. CD

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.

SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 61-69, 2013.

SILVA, V. F. A.; **Qualidade da semeadura direta de milho com dois mecanismos de pressão no disco sulcador sob duas velocidades**. 2015. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.

SILVEIRA, J. C. M. da; FILHO, A. G.; SECCO, D. Demanda de potência e força de tração de uma semeadora na implantação do milho safrinha sob plantio direto; **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 4, p. 256-267, 2005.

TOLEDO, A.; TABILE R. A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; MAGALHÃES, S. C.; COSTA, B. O. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008.

TRINDADE, C. **Desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para a atividade florestal**. 1993. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

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. 168 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

WRIGHT, D.L.; RICH, J.R.; MAROIS, J.J.; SPRENKEL, R.K. **Soybean production in Florida**. Gainesville, Fla.: University of Florida, Extension, Institute of Food and Agricultural Sciences. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/AG/AG18500.pdf>>. Acessado em: 05/04/2014.