

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

**QUALIDADE DA SEMEADURA E DO ARRANQUIO
MECANIZADO DO AMENDOIM**

Cristiano Zerbato
Engenheiro Agrônomo

2015

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

**QUALIDADE DA SEMEADURA E DO ARRANQUIO
MECANIZADO DO AMENDOIM**

Cristiano Zerbato

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

2015

Z58q Zerbato, Cristiano
Qualidade da semente e do arranquio mecanizado do amendoim /
Cristiano Zerbato. -- Jaboticabal, 2015
x, 86 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani

Co-orientador: Rouverson Pereira da Silva

Banca examinadora: Jorge Wilson Cortez, Murilo Mesquita Baesso,
Danilo César Checchio Grotta, David Luciano Rosalen

Bibliografia

1. *Arachis hypogaea* L. 2. Arrancador-invertedor. 3. Controle
estatístico de processos. 4. Paralelismo. 5. Perdas. 6. Semeadora-
adubadora. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.331:633.368

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CRISTIANO ZERBATO – nascido em Santa Rita do Passa Quatro, São Paulo, no dia 02 de junho de 1988, filho de Antônio Donizetti Zerbato e Nivalda Maggioni Zerbato. Coursou o Ensino Fundamental na EEPG Prof^a Ighes Giaretta Sguerra e o Ensino Médio na Cooperativa de ensino e cultura - COC, em Santa Rita do Passa Quatro, tendo este último finalizado no ano de 2005. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2006 no curso de Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, concluindo-o no ano de 2011. Durante a graduação, desenvolveu projetos de iniciação científica, além de estágios em instituições de pesquisa e empresas. Também participou na organização de eventos e na execução e apresentação de trabalhos científicos, com resumos e artigos publicados em periódicos especializados. Em 2010, realizou intercâmbio durante 5 meses em Mendoza – Argentina, na Universidad Nacional de Cuyo, pelo programa MARCA – MERCOSUL, bolsista da CAPES (governo federal). No ano de 2011, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no programa de Ciência do Solo, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, desenvolvendo suas pesquisas e estudos no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), localizado no Departamento de Engenharia Rural da mesma Universidade, concluindo-o em fevereiro de 2013. Em março de 2013 iniciou o curso de Doutorado na mesma instituição, com a realização de vários projetos; artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais; organizações de eventos; bancas e orientações de trabalhos de conclusão de curso; participou da comissão julgadora do prêmio GERDAU Melhores da Terra (2013 e 2014); participou da diretoria da Associação de Pós-Graduandos da UNESP – Jaboticabal (Gestões 12/13, 13/14, 14/15); entre outras. Em maio de 2015, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

"Somos o que repetidamente fazemos. A excelência, portanto, não é um feito, mas um hábito".

ARISTÓTELES

Aos meus pais Antônio Donizetti Zerbato e Nivalda Maggioni Zerbato

DEDICO

A todos os meus familiares e amigos

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

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

Aos meus queridos pais, Antônio e Nivalda, por me proporcionarem uma educação de qualidade singular, pelo amor, companheirismo e união, essenciais na formação do meu caráter.

Às minhas irmãs Daniela e Fabiana pelo companheirismo e apoio, por todos os momentos compartilhados e ainda a serem vividos.

A toda minha família, em especial à minha avó Nair, que são a base que sustenta a minha fortaleza, estando cada um sempre pronto a acolher meus problemas e apontar o caminho da sabedoria.

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 (Ciência do Solo) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa.

Ao grande amigo e orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, por acreditar no meu potencial, pelas ótimas sugestões, pela dedicação nas informações transmitidas e suporte necessário para elaboração deste trabalho.

Ao coorientador, Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela amizade, sugestões e ensinamentos durante a realização do trabalho.

Aos amigos integrantes do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) – pela amizade, convivência e auxílio nas atividades.

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

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para tornar este momento possível, através de conselhos, palavras amigas e momentos de sabedoria, fica aqui a minha gratidão.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT – Peanut.....	iii
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1.1 Introdução	1
1.2 Revisão de literatura	3
1.2.1 Cultura do amendoim.....	3
1.2.2 Semeadura mecanizada de amendoim	5
1.2.3 Arranquio mecanizado de amendoim	8
1.2.4 Uso de piloto automático na cultura do amendoim	11
1.2.5 Referências Bibliográficas	13
CAPÍTULO 2 - Qualidade da semeadura mecanizada de amendoim em função dos teores de água e classes texturais do solo	20
1. Introdução	20
2. Materiais e Métodos.....	22
3. Resultados e Discussão.....	28
4. Conclusões	38
5. Referências Bibliográficas.....	38
CAPÍTULO 3 - Controle estatístico de processos aplicado ao arranquio mecanizado de amendoim em três tipos de solo e suas condições no momento da operação	42
1. Introdução	42
2. Materiais e Métodos.....	43
3. Resultados e Discussão.....	48
4. Conclusões	58
5. Referências Bibliográficas.....	59
CAPÍTULO 4 - Qualidade da semeadura e arranquio mecanizados de amendoim com uso do piloto automático.....	62
1. Introdução	62
2. Material e Métodos.....	64
3. Resultados e Discussão.....	68
4. Conclusões	80
5. Referências Bibliográficas.....	80
CAPÍTULO 5 - Considerações finais	84

QUALIDADE DA SEMEADURA E DO ARRANQUIO MECANIZADO DO AMENDOIM

RESUMO – O êxito da implantação e do arranquio de amendoim depende da condição dos solos, dos sistemas mecanizados e dos índices de qualidade das operações agrícolas. A qualidade da sementeira é imprescindível para se obter uma população adequada de plantas visando altas produtividades e o arranquio deve ser realizado nas melhores condições possíveis para se evitar as perdas de vagens. Além disso, a utilização da tecnologia de direcionamento automático tem sido utilizada com a finalidade de melhorar o paralelismo e eficiência das operações. Neste trabalho foram realizados três estudos que tiveram como objetivos avaliar a qualidade da sementeira (primeiro estudo) e do arranquio (segundo estudo) mecanizados de amendoim em três solos de classes texturais distintas (arenosa, média e argilosa) e as condições de teor de água que os mesmos se encontravam, além da comparação das operações realizadas com o uso do piloto automático ou operadas manualmente (terceiro estudo). Os experimentos foram realizados em localidades do estado de São Paulo, Brasil, sob delineamento inteiramente casualizado, dispostos em faixas, e utilizado o controle estatístico de processos para avaliar a qualidade das operações. No primeiro estudo a maior qualidade obtida para densidade de sementeira e espaçamentos normais conferiu ao solo da classe textural Argilosa um estande inicial de plântulas mais homogêneo e dentro do esperado. A Arenosa somente teve sua qualidade afetada pela maior variabilidade obtida devido às condições hídricas do solo no momento da sementeira. Já a classe textural Média, com exceção à densidade e profundidade de sementeira que é exclusivo do desempenho da máquina, obteve qualidade inferior aos demais tipos de solo devido às condições prejudiciais quanto ao teor de água do solo e às precipitações pluviais. No segundo estudo, a homogeneidade das condições dos teores de água encontrada no momento do arranquio no solo de classe textural Média acarretou em menores perdas e variação do processo, refletindo em maior qualidade. A classe textural Argilosa obteve menor qualidade que solo Médio apenas por diferenças de variabilidade, porém não desqualificado. A Arenosa apresentou teor de água do solo e das vagens fora dos padrões ideais e estipulados, o que refletiu em maiores valores de perdas e maior variabilidade do processo, portanto, menor qualidade da operação de arranquio. No terceiro estudo o paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora foi mais preciso quando se utilizou do piloto automático, mostrando também melhor qualidade da operação. As velocidades estudadas no arranquio não influenciaram as perdas, independentemente do sistema de direcionamento. O uso do piloto automático não alterou as perdas visíveis, porém aumentou a qualidade da operação. As perdas invisíveis diminuíram com a utilização do piloto automático, obtendo também melhor qualidade, principalmente na menor velocidade estudada, enquanto que operado manualmente a qualidade foi inferiorizada.

PALAVRAS-CHAVE: *Arachis hypogaea* L., arrancador-invertedor, controle estatístico de processos, paralelismo, perdas, semeadora-adubadora.

QUALITY OF SEEDING AND DIGGING MECHANIZED PEANUT

ABSTRACT – The successful deployment and digging peanut depends on the soil condition, the mechanized systems and the quality of agricultural operations indexes. The quality of seeding is essential to obtain adequate plant population seeking high yields and in the digging should be done in the best possible conditions to prevent the pods losses. Furthermore, the use of automatic routing technology has been used for the purpose of improving alignment and efficiency of operations. In this work three studies were carried out to evaluate the quality of sowing (first study) and digging (second study) peanut mechanized in three different textural classes of soils (Sandy, Clayey and Silty) and water content conditions that they were, beyond comparison of operations carried out using the autopilot or manually operated (third study). The experiments were performed in locations of São Paulo, Brazil, in a completely randomized design, arranged in bands, and used statistical process control to evaluate the quality of operations. In the first study the highest quality obtained for seeding density and normal spacing gave the soil of Clay textural class an initial stand of seedlings and more homogeneous as expected. The Sandy had only their quality affected by greater variability obtained due to water soil conditions at planting. Already Silty textural class, except the density and sowing depth that is unique of machine performance, obtained lower quality than other soil types due to harmful conditions on the soil water content and rainfall. In the second study, the homogeneity of the conditions of the water contents found at the time of digging on Silty textural class of soil resulted in lower losses and process variation, resulting in a higher quality. The Clay textural class had lower quality than soil Silty for only differences in variability, but not disqualified. The Sandy showed soil water content and pods out of the ideals and stipulated standards, which resulted in higher losses values and greater variability of the process, therefore, lower quality of digging operation. In the third study the parallelism between past tractor-seeder set was more accurate when using the autopilot, also showing better quality operation. The speeds studied did not affect the digging losses, irrespective of the orientation system. The use of autopilot did not change the visible losses, but increased the quality of the operation. The invisible losses decreased with use of the autopilot, obtaining also better quality mainly studied at low speed, while the manually operated the quality was inferiority.

KEY WORDS: *Arachis hypogaea* L., digger-inverter, losses, parallelism, seeder, statistical process control.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução

No cenário agrícola brasileiro, a cultura do amendoim já teve, na década de 70, uma posição de destaque. Numa época em que a soja ainda não havia dominado o mercado das oleaginosas no Brasil, o amendoim era uma das principais matérias-primas para a fabricação de óleo comestível. Entretanto, problemas tecnológicos, relacionados principalmente ao processo de mecanização, levaram a cultura a uma posição quase marginal dentro do atual quadro da agricultura brasileira. (MARTINS, 2006).

O cultivo do amendoim passou a enfrentar problemas de difícil solução, devido aos atrasados padrões tecnológicos de cultivo e colheita até então utilizados. A ampliação da área semeada com soja, cultura de exportação totalmente mecanizada, contribuiu para que a cultura do amendoim fosse relegada a um segundo plano também na ordem de prioridades das pesquisas. Produtores e empresas passaram a considerar como quase certo o desaparecimento da cultura do amendoim como atividade comercial competitiva no Brasil. Entretanto, a cultura do amendoim passa atualmente por um período de transição, de uma forma de manejo manual para um sistema mecanizado de cultivo.

As soluções tecnológicas para a mecanização já estão sendo disponibilizadas para produtores, cooperativas e demais empresas envolvidas no setor. A tecnologia voltada à produção tem tudo para evoluir, pois os produtores estão em busca de técnicas agrícolas que permitam maior produtividade e menor custo de produção. Tais tecnologias, se bem empregadas, podem levar a cultura do amendoim a proporcionar lucros para o produtor.

Neste sentido, o uso de técnicas de agricultura de precisão (AP) como o piloto automático vem a ser essencial, pois este permite realizar as operações com menor erro de paralelismo, sendo relevante para o cultivo de amendoim, em que são realizadas operações mecanizadas tanto na semeadura quanto na colheita (arranquio e recolhimento). Assim, espera-se que o direcionamento via satélite dos conjuntos mecanizados possa diminuir o erro de paralelismo na semeadura mantendo o espaçamento entre linhas adequado, e possa conseqüentemente,

diminuir as perdas na colheita mecanizada, as quais para a cultura do amendoim, todavia representa um grande problema para os produtores.

Dentre as operações mecanizadas, a qualidade da semeadura de uma cultura é importante para garantir um estande de plantas adequado, e conseqüentemente, o sucesso da implantação da cultura e uma produtividade adequada. A semeadura é sem dúvida fator influente no desenvolvimento de qualquer cultura, portanto o desempenho do conjunto mecanizado, no caso trator-semeadora, deve ser otimizado para se obter melhor qualidade da operação.

Por outro lado, no processo de colheita mecanizada, que se constitui numa etapa importante do processo produtivo do amendoim, ocorrem perdas que devem ser quantificadas para que possam ser reduzidas e não ocasionarem quedas na produção, possibilitando assim manter a competitividade dessa cultura. Em virtude do grande número de fatores que influenciam o desempenho de conjuntos motomecanizados e da complexidade de suas interações, dentre eles as características da cultura e do solo, o manejo da lavoura, o momento de colheita e o maquinário utilizado, há a necessidade de estudos específicos visando identificar as demandas energéticas dos diversos componentes e dos mecanismos de ação. No caso específico do arranquio mecanizado, fatores como o preparo e teor de água do solo, e desempenho do arrancador-invertedor são relevantes, pois afetam diretamente as perdas na colheita.

Diante do exposto, para atingir aos objetivos propostos, esta tese foi estruturada em cinco capítulos, iniciando-se por esta Introdução. No capítulo 2 deste trabalho foram estudados indicadores de qualidade para avaliação da qualidade da semeadura mecanizada de amendoim em texturas de solo distintas, e as condições ambientais que os mesmos se encontravam no momento da operação. Do mesmo modo, no capítulo 3 foi avaliada a qualidade do arranquio mecanizado de amendoim por meio das perdas e dos teores de água dos solos e das vagens no momento do arranquio.

No capítulo 4, tanto na semeadura por meio do paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora quanto na colheita por meio das perdas, foi avaliado a eficiência e a qualidade do uso do piloto automático com correção RTK comparado à operação realizada manualmente.

No capítulo 5, fazendo o fechamento do trabalho, e com base nos resultados obtidos, foram apresentadas as considerações finais.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Cultura do amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é bastante explorado e consumido no Brasil e em vários países do mundo pelo seu agradável sabor e ótimo valor nutritivo, além de elevado teor de óleo. Seu cultivo se estende a várias regiões do País, devido a sua ampla adequabilidade em diferentes condições edafoclimáticas (PEIXOTO et al., 2008). Segundo Santos et al. (2006) o amendoim tem se destacado por ser de fácil manejo, e pelo bom preço, além das várias formas em que o produto é utilizado (consumo *in natura*, processados, óleos e combustível alternativo) o que incentiva a produção e expansão desta cultura no Brasil.

A cultura do amendoim é considerada uma das mais importantes espécies leguminosas, sendo recomendado em programas de rotação de culturas, por ser de ciclo curto (120 - 140 dias após a semeadura), sendo geralmente cultivada em rotação com a cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Adapta-se a uma larga faixa climática dentro das regiões tropicais e subtropicais, com exceção das excessivamente úmidas (GODOY, 2002). A produção de amendoim, em sua quase totalidade, provém de áreas de reforma de canaviais, nas quais o amendoim é a principal cultura utilizada na rotação com a cana-de-açúcar na região Noroeste do estado de São Paulo. Outra utilização da cultura do amendoim é a rotação com pastagens, na integração lavoura-pecuária, na região Oeste do Estado, com objetivo de reforma de pastagens degradadas.

A produção mundial é de 40 milhões de toneladas, sendo os maiores produtores China, Índia, EUA e Nigéria com produção de 16,7; 5,0 e 3,1 e 3,0 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2015). No Brasil, 91,7% da produção nacional de amendoim realiza-se na região Sudeste, com produtividade média de 3277 kg ha⁻¹, com área semeada de 94,6 mil hectares, e produção de 309,9 mil toneladas na safra 2014/2015 para esta região (CONAB, 2015), onde o estado de São Paulo ocupa 83,7% da área e 88,8% da produção nacional, porém

apresentando problemas de expansão devido à indisponibilidade de terras para o seu crescimento. Um dos motivos é a menor renovação dos canaviais, com a qual faz a rotação de cultura. Em torno de 80% da produção é destinada aos mercados da Europa.

O custo de produção gira em torno de R\$ 3.665,21 ha⁻¹ (BARBOSA et al. 2014). Os autores afirmam que este custo é considerado elevado, por causa, principalmente, das despesas com colheita e arrendamento da terra, sendo os outros custos apresentados na Figura 1.

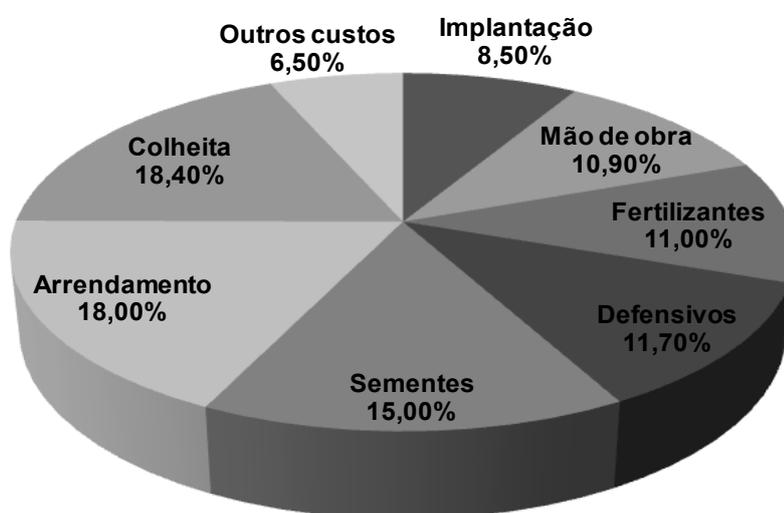


Figura 1. Participação percentual das operações e materiais no custo operacional total da cultura do amendoim, região de Jaboticabal (BARBOSA et al., 2014).

As variedades mais utilizadas de sementes de amendoim nos atuais cultivos são originárias do Instituto Agronômico em Campinas que mantém a atividade de pesquisa e desenvolvimento de sementes, havendo registrado recentemente no Registro Nacional de Cultivares, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, novas cultivares destinadas aos mercados interno e externo (FAGUNDES, 2002).

Os cultivares são semelhantes aos grãos produzidos em outros países exportadores, como os Estados Unidos, Argentina e China. Possui porte rasteiro (*runner*), vagens geralmente com duas sementes grandes, de coloração bege, e

com dormência, amêndoas de cor clara e produtividade de 18 a 20 kg por saca de 25 kg de amendoim em casca. Sua colheita pode ser totalmente mecanizada, por arrancamento ou enfileiramento. A cultura é recomendada para áreas com boa distribuição de chuvas e para lavouras tecnificadas, pois requer solos bem preparados e adubados (FAGUNDES, 2002).

Crusciol e Soratto (2007) afirmam que quase não há trabalhos sobre a viabilidade da implantação da cultura do amendoim. A deficiência em mecanização é fator limitante para a exploração da cultura do amendoim como agronegócio de significativa importância econômica nacional e internacional. Porém, nos dias atuais, com a tecnologia em pleno desenvolvimento, todas as operações agrícolas na cultura podem ser mecanizadas e tecnificadas.

1.2.2 Semeadura mecanizada de amendoim

A mecanização da operação de semeadura de amendoim tornou possível sua realização em grande proporção, com a utilização das semeadoras que, em sua maioria, são acopladas e tracionadas. O desempenho do conjunto mecanizado, no caso trator-semeadora, deve ser aperfeiçoado para se obter os melhores resultados (TOLEDO et al., 2009). Desta maneira, Furlani et al. (2006) citam que a semeadura-adubação em processo mecanizado deve ser uniforme, rápida, precisa e econômica.

A força de tração necessária para a operação de semeadura de precisão, na direção horizontal ao deslocamento, inclusa a resistência ao rolamento da máquina, com bom leito de semeadura, deve ser de 0,9 kN com variação de 25% por linha (somente semeadura) e de 3,4 kN com variação de 35% por linha (semeadura, adubação e aplicação de herbicida) (ASABE, 2006 b).

A potência disponível na barra de tração é diretamente proporcional à força de tração requerida e à velocidade de deslocamento. Nesse sentido, Mercante et al. (2005) relataram que, em estudo da demanda energética em semeadura mecanizada, o acréscimo da velocidade de deslocamento representou aumento da potência requerida na barra de tração, porém não interferiu na patinação dos rodados motrizes, e esses valores se encontraram abaixo de 7%.

A ASABE (2006 a) recomenda, para a obtenção de máxima eficiência de tração, patinação de 8 a 10% em solos não mobilizados e de 11 a 13% em solos

mobilizados. Bortolotto et al. (2006) demonstraram que os valores médios de patinação dos rodados não diferiram com o aumento da velocidade de deslocamento, em semeadura em solo não mobilizado, mantendo-se na faixa de 10 a 12%. Para Furlani et al. (2005 a), a patinação também não foi influenciada pelo acréscimo da velocidade de semeadura de milho para solo não mobilizado, estando abaixo de 6% neste caso, porém, em solo mobilizado por escarificação, a patinação sofreu variação positiva com a velocidade, situando-se em 12% para a maior velocidade (8,4 km h⁻¹).

Com relação ao consumo de combustível Lopes et al. (2003) concluíram que o consumo de combustível de tratores agrícolas é influenciado pela lastragem do trator, pela carga imposta na barra de tração, pelo tipo de pneu e pela velocidade de deslocamento. Furlani et al. (2005 b) encontraram maiores valores de consumo de combustível horário e operacional, com o aumento da velocidade de deslocamento, não observando mesmo comportamento para a força e potência na barra de tração em semeadura de milho, usando conjunto trator de 73,6 kW (100 cv) e semeadora de 4 linhas de 0,90 m.

Não há no Brasil um consentimento entre os produtores de qual densidade de semeadura utilizar, entretanto, a maior parte semeia uma grande quantidade de sementes, chegando-se a 25 sementes m⁻¹, os quais relatam que o motivo de tão alta densidade de semeadura seria para compensar falhas no estande final de plantas devido a fatores externos como precipitação de chuvas e também à qualidade fisiológica das sementes. O gasto com sementes dependerá do tamanho da semente (número da peneira), porcentagem de germinação, espaçamento e densidade de semeadura empregada. De acordo com Nakagawa et al. (1994) a população de plantas é um dos fatores que mais afetam a produtividade, por exercer influência direta nos componentes da produção, assim, o arranjo espacial de plantas também deve influenciar significativamente o comportamento dessas variáveis, uma vez que é fator determinante da densidade populacional.

Trabalhos já foram realizados visando avaliar os efeitos de espaçamentos entre fileiras e de população de plantas no crescimento e na produção do amendoim em distintas regiões do mundo. A maioria deles relata aumento de produção com incremento populacional e indica que a semeadura em fileiras estreitas melhora a

eficiência do uso da água, aumenta a interceptação da radiação solar e promove aumentos de produtividade (MARTINS e PITELLI, 1994). Por outro lado, Silva e Beltrão (2000), relatam que para definir a população e o arranjo espacial de plantas é necessário se conhecer as cultivares de amendoim.

Porém, além de as cultivares usadas extensivamente, tratos culturais também diferem de uma região para outra. No Nordeste os espaçamentos mais usados não ultrapassam 0,7 m entre linhas de semeadura, porém para as cultivares de hábito rasteiro, se colhidas mecanicamente (arrancadores-invertedores e recolhedoras), requerem espaçamentos entre 0,8 m e 0,9 m (GODOY et al., 2005) para melhor eficiência do maquinário. Para o cultivo do amendoim, aumentando-se a população de plantas, conseguem-se aumentos na produtividade, entretanto tais ganhos ocorrem até certo limite de número de plantas por unidade de área, obtendo-se resultados diferenciados em função da cultivar e das condições do meio (MOZINGO e WRIGHT, 1994).

Segundo Pereira (1989), para a cultura do amendoim bem como para maioria de outras culturas, a produtividade é fator determinante no rendimento econômico e esta é resultante do produto do número de plantas existente por área pela produção por planta. Estudos apontaram à 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. Entretanto a desuniformidade na distribuição longitudinal de plantas implica em um aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes (JASPER et al. 2011).

Os parâmetros básicos utilizados para determinar a eficiência da semeadura são: o coeficiente de variação geral de espaçamentos e a distribuição longitudinal de sementes, sendo a percentagem de espaçamentos aceitáveis, falhos e duplos (KURACHI et al., 1989).

Em geral, a produtividade cresce à medida que aumenta a população de plantas, até chegar a um ponto em que a competição por luz, nutrientes e água começa a limitar o desenvolvimento das plantas (PEIXOTO, 1998). Segundo Silva e Beltrão (2000), a competição intraespecífica determina em cada cultivar de amendoim a população de plantas que propicia maior produtividade e melhor

aproveitamento dos recursos disponíveis. Pereira (1989) relata que em populações suficientemente baixas a produção por planta é máxima; aumentando-se a população, a produção por planta decresce; havendo, no entanto, aumento na produtividade, sendo que o decréscimo individual é compensado pelo aumento no número de indivíduos por área.

1.2.3 Arranquio mecanizado de amendoim

No Brasil, o arranquio mecanizado é realizado por arrancadores-invertedores (Figura 2), tracionados por meio do sistema hidráulico de três pontos de um trator de médio porte.



Figura 2. Arrancador-invertedor de amendoim.

O acionamento desta máquina se dá por meio de eixo cardan, que aciona a caixa redutora, mudando a direção e diminuindo a rotação, que por sua vez comanda um sistema de polias e correias, movimentando finalmente a esteira e os rolos enfileiradores (PATENTES ON LINE, 2012). De acordo com Srivastava et al. (2006), na parte anterior, o arrancador apresenta discos cortantes que cortam as ramas de amendoim. O suporte desses discos é inclinado para frente a fim de evitar que esse material fique preso ao equipamento dificultando o trabalho. Os discos conferem estabilidade à parte anterior do equipamento e os pneus à parte posterior.

Duas lâminas cortantes arrancam as plantas de amendoim do solo e as hastes guias os direcionam para a esteira, onde ficam presas pelas taliscas e, com movimento ascendente da esteira, chegam então ao topo. Do topo as plantas de amendoim caem no solo com as vagens para cima e a folhagem para baixo e o rolo enfileirador posiciona-os em uma só fileira. As plantas de amendoim ficam expostas ao sol com as vagens para cima para secagem e, posteriormente, é efetuado o recolhimento.

A colheita mecanizada do amendoim tornou-se indispensável para a otimização do cultivo dessa oleaginosa em escala comercial, substituindo a colheita manual (CÂMARA et al., 2006). Para Smiderle (2009) esta substituição veio ajudar a solucionar o grande problema encontrado para a difusão da cultura do amendoim no agronegócio brasileiro, pois segundo o autor, comparada a outras culturas de ciclo anual, a mecanização da cultura do amendoim ainda era deficiente. Corroborando com esse ponto de vista, Wessler et al. (2007) afirmam que as operações de arranquio e o recolhimento mecanizados, devido à maior capacidade operacional, proporcionam maiores possibilidades de expansão de áreas de cultivo de amendoim.

Por suas características específicas, tais como o hábito de crescimento indeterminado e a presença dos frutos debaixo do solo, as perdas no arranquio mecanizado do amendoim merecem especial atenção, por diferirem em muitos aspectos das perdas das demais culturas.

Segundo Roberson (2009), a maior parte das perdas de colheita ocorre na operação de arranquio e podem atingir altos patamares quando a operação não for cuidadosamente gerenciada. Para o autor, perdas no arranquio são inevitáveis principalmente quando o pedúnculo encontra-se enfraquecido devido ao excesso de maturação ou quando há a desfolha prematura causada por doenças, ou ainda, quando o solo encontra-se com baixo teor de água e grande compactação. Em condições normais é possível obter perdas de 5% ou menos da produtividade se o arrancador estiver devidamente regulado e for operado corretamente.

A resistência do ginóforo ao rompimento (GBR) é um fator importante para designar as perdas no arranquio do amendoim, sendo dependente da estrutura e do teor de água do solo (INCE e GUZEL, 2003). Para estes autores existe uma relação exponencial entre a resistência do ginóforo ao rompimento e o teor de água do solo,

de forma que quando diminui o teor de água, diminui a GBR e, conseqüentemente, aumentam as perdas totais na colheita.

Para Wright e Steele (1979), as perdas no arranquio de amendoim podem variar de 6 a 20% da produtividade. Behera et al. (2008), ao compararem o desempenho do arranquio manual e mecanizado de amendoim, encontraram perdas totais de 23% no arranquio mecanizado realizado com teor de água no solo de 8%, constatando também que essas perdas diminuíram gradualmente com o aumento do teor água do solo para 10% (15,96%) e 12% (12,68%). De acordo com Roberson (2009) as perdas no arranquio podem ocorrer abaixo ou acima do solo. Perdas abaixo do nível do solo ocorrem quando as lâminas executam o corte muito superficial das plantas e as vagens são perdidas quando o solo é empurrado para cima da esteira vibratória. As perdas também podem ocorrer sobre a superfície do solo quando as plantas estão sendo elevadas e agitadas pela esteira vibratória para remover o solo, e ainda, quando as plantas são enleiradas. Silva e Mahl (2008) denominaram estas perdas no arranquio de visíveis (acima do solo) e invisíveis (abaixo do solo).

Olivatti (2007) e Jorge et al. (2008), estudando a operação de arranquio mecanizado verificaram que a velocidade de arranquio não interferiu na ocorrência de perdas visíveis, invisíveis e totais, sendo que este últimos afirmam que os altos valores de perdas encontrados possivelmente ocorreram em consequência da densidade e do teor de água do solo.

Oliveira et al. (2009) encontraram menores perdas no arranquio para o teor de água das vagens de 23,6%. Neste sentido, Santos et al. (2010) afirmam que o menor teor de água nas vagens do amendoim facilita o desprendimento da vagem do pedúnculo da planta, aumentando as perdas no arranquio.

No Brasil há carência trabalhos recentes publicados em periódicos, abordando as perdas no arranquio mecanizado de amendoim. Entretanto, alguns trabalhos de caráter regional, publicados em anais de congressos, podem indicar a dimensão das perdas no cenário agrícola brasileiro.

1.2.4 Uso de piloto automático na cultura do amendoim

Nos Estados Unidos, a expansão do amendoim para áreas não tradicionais, além do aumento do número de novos produtores, foi em parte influenciada pelas decisões dos produtores em adotar novas tecnologias, tais como sistemas de direcionamento automático baseados em GNSS para melhorar as operações de campo, práticas de gestão e, finalmente, a lucratividade.

O Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) para orientação de máquinas agrícolas tem sido adotado por parcelas cada vez maiores da comunidade agrícola na última década por causa dos ganhos inerentes à eficiência que ela proporciona. Agora, é comum encontrar agricultores que possuem vários veículos (tratores, pulverizadores e colhedoras) equipados com orientação via GNSS. Em muitas áreas dos Estados Unidos, a forma mais avançada de direção orientada por GNSS é o cinemático em tempo real (RTK), que também está sendo rapidamente adotada pelos agricultores. Muitos produtores de amendoim adotaram o auto-direcionamento, porque pode teoricamente resultar em grandes ganhos de produtividade quando usado para semear e arrancar amendoim, uma das culturas mais importantes da região (LEIDNER, 2012).

A adoção recente da semeadura em linha dupla tem aumentado a adoção de sistemas de auto-orientação por GNSS, porque o operador do trator tem dificuldade para centralizar o equipamento nas linhas de destino devido à copa cobrir essencialmente todo o leito, tornando as linhas menos visíveis na colheita (BEASLEY, 1970). Antes da introdução de sistemas de direcionamento automático baseados em GNSS, os produtores de amendoim contavam com operadores de trator qualificados para semear, e posteriormente realizar a colheita com precisão. No entanto, as cultivares rasteiras atualmente utilizadas possuem alta biomassa anteriormente à colheita, portanto, operadores de trator inexperientes acham difícil manter o arrancador de amendoim posicionado sobre as linhas de destino (BALKCOM et al. 2010).

O uso de sistemas de orientação por parte dos produtores de amendoim podem ter mais benefícios do que outros produtores de outras culturas. O amendoim se desenvolve sob o solo e são colhidas por arranquio com um arrancador-invertedor, deixando-os secar parcialmente em campo antes de serem recolhidos.

Portanto, vagens de amendoim podem ser deixadas no solo, se o condutor do trator se desviar da linha da cultura, resultando em maior risco de perdas de rendimento.

Pesquisa realizada em campos de amendoim indicou que para cada dois centímetros de desvio da linha desvio, uma média de 186 kg ha⁻¹ de perda de rendimento pode ser esperado. O estudo também mostrou que o agricultor que utiliza um sistema de auto-orientação com uma precisão dentro de 2,5 cm poderia esperar retornos líquidos entre 94 US\$ ha⁻¹ e 404 US\$ ha⁻¹ frente a desvios de 9 cm, e entre 323 US\$ ha⁻¹ e 695 US\$ ha⁻¹, evitando desvios da linha de 18 cm (ORTIZ et al., 2013).

Jackson et al. (2011) encontraram perdas de 26% da produtividade de vagens de amendoim em lavoura semeada e arrancada sem piloto automático no sul da Geórgia. Outro estudo foi realizado em 2 anos na Geórgia para avaliar os benefícios da utilização do piloto automático para semear e arrancar amendoim em diferentes graus de curvatura e mostraram que o auto-direcionamento superou a operação manual em 579 kg ha⁻¹ e 451 kg ha⁻¹ de produtividade nos dois anos estudados (VELLIDIS et al., 2013).

Em comparação aos trabalhos realizados nos Estados Unidos, no Brasil inexistem estudos relacionados à eficiência do uso do piloto na cultura do amendoim. Produtores estão aderindo à tecnologia no corrente ano, devido aos potenciais ganhos de rendimento (maior aproveitamento de área e menores perdas) e também ao maior conforto e atenção ao equipamento que está realizando o trabalho, ou seja, deixam de se preocupar em seguir o alinhamento da cultura para acompanhar o trabalho do equipamento acoplado ao trator e evitar casos de embuchamento, más regulagens e até mesmo quebra de alguma parte do equipamento, realizando a parada da operação imediatamente caso aconteça algum problema com o equipamento.

1.2.5 Referências Bibliográficas

ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASAE EP496.3 Agricultural Machinery Management. In: **ASABE Standards 2006**. St. Joseph, 2006 a. p.385-390.

ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASAE D497.5 Agricultural Machinery Management Data. In: **ASABE Standards 2006**. St. Joseph, 2006 b. p.391-398.

BALKCOM, K. S., ARRIAGA, F. J., BALKCOM, K., BOYKIN, D. L. Single and twin-row peanut production within narrow and wide strip tillage systems. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 2, p. 507–512, 2010.

BARBOSA, R. M.; Homem, B. F. M.; Tarsitano, M. A. A. Custo de produção e lucratividade da cultura do amendoim no município de Jaboticabal, São Paulo. **Revista Ceres**, v. 61, n.4, p. 475-481, 2014.

BEASLEY, E. O. Field losses of peanuts in North Carolina. **Journal of the American Peanut Research and Education Association**, v. 2, p. 78-86. 1970.

BEHERA, B. K.; BEHERA, D.; MOHAPATRA, A. K.; SWAIN, S.; GOEL, A. K. Performance evaluation of a bullock drawn groundnut digger. **Environment and Ecology**. v.26, n.3A, p.1226-1229. 2008.

BORTOLOTTO, V. C.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTO, M. C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.122-130, 2006.

CÂMARA, G. M. S.; FREITAS F. G.; MINOTTI, D.; HEIFFIG, L. S. Determinações de perdas na colheita do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: Simpósio do agronegócio de plantas oleaginosas: matérias primas para biodiesel, 2, 2006, Piracicaba. **Resumos...**, Piracicaba: ESALQ/USP, p.32-34. 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2014/2015, sexto levantamento: março/2015**. Brasília: Conab, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.11, p. 1553-1560, 2007.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de amendoim: alguns comentários**. Companhia Nacional de abastecimento, 2002. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/cas/especiais/semente_de_amendoim_internet.pdf. Acesso em 10 dez. 2014.

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

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; REIS, G. N. Exigências de uma semeadora-adubadora de precisão variando a velocidade e a condição de superfície do solo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 920-923, 2005 b.

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 adubo. **Engenharia na Agricultura**, v. 14, n. 4, p. 268-275, 2006.

GODOY, I. J.; MINOTTI, D.; RESENDE, P. L. **Produção de amendoim de qualidade**. Viçosa: CPT, 168 p. 2005.

GODOY, I. J. **Principais características de cultivares IAC**. Campinas: IAC, 2002. Folheto.

INCE, A.; GUZEL, E. Effects of gynophore breaking resistance on losses in mechanized peanut harvesting. In: International Conference on Crop Harvesting and Processing, 2003, Louisville. **ASAE Publication Number 701P1103e**, ed. Graeme Quick. 2003.

JACKSON, J. L.; BEASLEY, J. P.; TUBBS, R. S.; LEE, R. D.; GREY T. L. Fall-bedding for reduced digging losses and improved yield in strip-till peanut. **Peanut Science**, v. 38 p. 31–40, 2011.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPCÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIAL. C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 102-110, 2011.

JORGE, A. C.; MAHL, D.; ALMEIDA, T. F.; SERON, C. C.; MORAES, M. B. Perdas no arranquio mecanizado do amendoim em função da velocidade e espaçamento entre hastes. In: V Encontro sobre a cultura do amendoim, 2008, Jaboticabal. **Anais...**, Jaboticabal: Funep, 2008.

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

LEIDNER, J. Precision Farming Payoff in Peanuts. **Southeastern Peanut Farmer**, v.50, n.5, p.10-12, 2012.

LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; MELLO, J. G. S. Protótipo de sistema instrumental para medição de consumo de combustível em tratores. In: Congresso brasileiro de Informática aplicada à agropecuária e à indústria, 4, 2003. Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Industrial, **Anais...** Porto Seguro, 2003.

MARTINS, D.; PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas na cultura do amendoim das águas: Efeito de espaçamentos, variedades e períodos de convivência. **Planta Daninha**, v. 12, n. 12, p. 87-92, 1994.

MARTINS, R. Cultivares de amendoim: um estudo sobre as contribuições da pesquisa pública paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, n.5, maio 2006.

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. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 424-428, 2005.

MOZINGO, R. W.; WRIGHT, F. S. Diamond-shaped seeding of six peanut cultivars. **Peanut Science**, v. 21, n. 1, p. 5-9, 1994.

NAKAGAWA, J.; LASCA, D. C.; NEVES, J. P. S.; NEVES, G. S.; SANCHES, S. V.; BARBOSA, V.; SILVA, M. N.; ROSSETO, C. A. V. Efeito da densidade de semeadura na produção do amendoim. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 29, n. 10, p. 1547-1555, out. 1994.

OLIVATTI, B. M. **Perdas no arranquio mecanizado do amendoim em função da configuração do arrancador-invertedor e velocidade de deslocamento**. 2007. (TCC de Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha, 30 p., 2007.

OLIVEIRA, K. R.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; MEDEIROS, R. S.; CAVICHIOLI, F. A. Teor de água das vagens e perdas na colheita de amendoim na região de Olímpia – SP. In: Encontro sobre a cultura do amendoim, 6., 2009, Jaboticabal. **Anais...**, Jaboticabal: Funep, 2009.

ORTIZ, B. V.; BALKCOM, K. B.; DUZY, L.; VAN SANTEN, E.; HARTZOG, D. L. Evaluation of agronomic and economic benefits of using RTK-GPS-based auto-steer guidance systems for peanut digging operations. **Precision Agriculture**, v.14, p. 357-375, 2013.

PATENTES ON LINE. Arrancador-invertedor de amendoim. Disponível em: <http://www.patentesonline.com.br/arrancador-e-invertedor-de-amendoim-145161.html#resumo.html>. Acesso em: 26 set. 2014.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1998. 151f. Tese Doutorado (Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEIXOTO, C. P.; GONÇALVES, J. A.; PEIXOTO, M. F. S. P.; CARMO, D. O. Características agronômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura no recôncavo baiano. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 563-568, 2008.

PEREIRA, A. R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, Campinas, v. 41, n. 1, p. 5 -11, 1989.

ROBERSON, G. T. Planting, harvesting, and curing peanuts. p.131-148. In: Jordan, D. L.; BRANDENBURG, R. L.; BROWN, A. B.; BULLEN, S. G.; ROBERSON, G. T. ; Shew, B.; Spears, J.F. **Peanut information**. North Carolina Coop. Ext. Ser. Series AG-331. 2009.

SANTOS, E. P.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; BERTONHA, R. S.; MEDEIROS; R. S. Perdas na colheita mecanizada de amendoim. In: Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola, 9, 2010. **Anais...**, Vitória: SBEA, 2010.

SANTOS, R. S.; FREIRE, R. M. M.; SUASSUNA, T. M. F. Havana: nova cultivar de amendoim de pele clara. Brasília: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 8, p. 1337-1339, 2006.

SILVA, M. B.; BELTRÃO, N. E. M. Níveis populacionais e configurações de plantio na cultura do amendoim, em regime de sequeiro na Mesorregião do agreste da Borborema do Estado da Paraíba. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 4, n. 1, p. 23-34, 2000.

SILVA, R. P.; MAHL, D. Relatório do projeto de pesquisa: Perdas na colheita mecanizada do amendoim safra 2007/2008. **Relatório de Pesquisa**. Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola – LAMMA. Jaboticabal, Nov. 2008. 47p.

SMIDERLE, O. J. **Perspectivas para a cultura do amendoim**, 2009. Disponível em <[http://www.cpafrf.embrapa.br/index.php/cpafrf/artigos/perspectivas para a cultura do amendoim](http://www.cpafrf.embrapa.br/index.php/cpafrf/artigos/perspectivas%20para%20a%20cultura%20do%20amendoim)> Acesso em: 08 dez. 2014.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P.; BUCKMASTER, D. R. Fruit, nut, and vegetable harvesting. Chapter 13. In: **Engineering principles of agricultural machines**, 2 ed., p. 437-490. St. Joseph, Michigan: ASABE. 2006.

TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. Desempenho de trator agrícola atuando com 5% de biodiesel em operação de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 3, p. 205-2014. 2009.

USDA. 2015. United States Department Of Agriculture. **Peanut Area, Yield, and Production.** Disponível em <
<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=918&hidReportRetrievalTemplateID=1>>. Acesso em: 9 abril 2015.

VELLIDIS, G.; ORTIZ, B.; BEASLEY, J.; HILL, R.; HENRY, H.; BRANNEN, H. Using RTK-based GPS guidance for planting and inverting peanuts. In: Stafford, J. V. (Ed.), Precision Agriculture 2013 – **Proceedings** of the 9th European Conference on Precision Agriculture (9ECPA), Lleida, Spain, 2013.

WESSLER, V.; MAHL, D.; OLIVATTI, B. M. Influência da colheita mecanizada sobre impurezas e danos visíveis na cultura do amendoim. In: Encontro sobre a cultura do amendoim, 4., 2007, Jaboticabal. **Anais...**, Jaboticabal: Funep, 2007.

WRIGHT, F. S.; STEELE, J .L. Potential for direct harvesting of peanuts. **Peanut Science**, Raleigh, v. 6, n. 1, p. 37-42. 1979.

CAPÍTULO 2 - Qualidade da semeadura mecanizada de amendoim em função dos teores de água e classes texturais do solo

Resumo - O sucesso da implantação de uma cultura depende, dentre vários fatores, da qualidade da semeadura, do desempenho das máquinas, do tipo e das condições de solo. Objetivou-se avaliar a qualidade operacional da semeadura mecanizada de amendoim em três classes texturais (Arenoso, Médio e Argiloso) e condições de teor de água do solo. O experimento foi conduzido em três localidades do estado de São Paulo, Brasil, sob esquema amostral disposto em faixas e 80 pontos amostrais para cada tipo de solo. Por meio da estatística descritiva e controle estatístico de processo (CEP) foi avaliada a qualidade de indicadores da semeadura mecanizada de amendoim. Verificou-se que as variáveis apresentaram distribuição normal dos dados e estáveis sob a óptica do CEP. O solo Médio apresentou a menor qualidade para densidade de semeadura, espaçamentos normais e estande inicial de plântulas, sendo que para essas três variáveis o solo Argiloso obteve qualidade superior seguido do Arenoso. Os solos Arenoso e Argiloso apresentaram qualidade semelhante quanto à profundidade de semeadura, porém inferiores ao solo Médio. No geral, o solo Argiloso e suas condições de teor de água obteve qualificação superior aos demais.

Palavras-chave: ambiente do solo, *Arachis hypogaea* L., controle estatístico de processos, semeadora-adubadora.

1. Introdução

A cultura do amendoim é considerada uma das mais importantes espécies leguminosas, sendo recomendado em programas de rotação de culturas, por ser de ciclo curto (120 - 140 dias após a semeadura), e totalmente mecanizado. No Brasil, seu cultivo geralmente é feito em rotação com a cana-de-açúcar no estado de São Paulo, principalmente na região de Jaboticabal (maior produtora) onde, ultimamente, vêm superando recordes de produtividade. Para isso, a correta implantação da cultura é primordial para se alcançar melhores resultados.

Neste aspecto, o desempenho do conjunto mecanizado, no caso trator-semeadora, deve ser aperfeiçoado para se obter os melhores resultados

(TOLEDO et al., 2009), e conseqüentemente aumentar a qualidade da operação. As semeadoras apresentam papel de destaque quando se leva em consideração que o processo de semeadura precisa ser realizado de forma correta, assegurando a população adequada de plantas (MELO et al., 2014). O solo é outro fator que interfere de forma direta na população de plantas, pois o mesmo fornece o ambiente necessário para o crescimento da planta principalmente na fase de germinação (MELO et al., 2013).

Existem vários fatores que acarretam falhas na semeadura. Neste enfoque, Albiero (2010) contextualiza que devido a estes fatores ocorrerem durante o processo de semeadura, potencialmente acontece muita variabilidade advinda das condições meteorológicas, da condição do solo, dos sistemas mecanizados e dos índices de qualidade de operações agrícolas.

A classe de solo recomendada para o cultivo de amendoim é a arenosa (GODOY et al., 2014) devido às melhores condições proporcionadas para o desenvolvimento das vagens em subsuperfície, porém o comportamento do solo está diretamente atrelado ao teor de água do mesmo, sendo este fator mais importante do que a semeadora utilizada.

Em qualquer processo certa quantidade de variabilidade sempre existirá. Essa variabilidade natural é o efeito cumulativo de causas menores, essencialmente inevitáveis, portanto o processo que opera apenas com as causas aleatórias de variação está sob controle estatístico. A diferença da qualidade entre as classes texturais do solo está na quantidade de pontos dentro dos limites específicos aceitáveis e na variação do processo, já que qualidade significa adequação ao uso, é inversamente proporcional à variabilidade e um processo de qualidade deve atender ao máximo as especificações (MONTGOMERY, 2009).

Para Paulini et al. (2009), as ferramentas de qualidade apresentam-se como alternativa eficaz para a avaliação do desempenho de processos agrícolas quando se leva em consideração os fatores críticos, já que é difícil visualizar todos os pontos que interferem nas operações agrícolas. Neste sentido, Zerbato et al. (2014) afirmam que 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 a condições de fatores não controláveis.

Alguns autores têm feito uso do controle estatístico de processo, utilizando as variáveis avaliadas como indicadores de qualidade. Nestes trabalhos, a ferramenta normalmente utilizada para identificar causas não aleatórias ou às causas especiais decorrentes da instabilidade do processo são as cartas de controle (CASSIA et al., 2013; VOLTARELLI et al., 2013; ZERBATO et al., 2014).

Diante do exposto, pressupondo-se que a implantação de uma cultura seja afetada por classes texturais de solo e os teores de água que os mesmos se encontram, objetivou-se avaliar a qualidade operacional da semeadura mecanizada de amendoim em três classes texturais de solo e suas condições de teor de água, por meio do controle estatístico de processos.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área agrícola de produção de amendoim dos municípios de Tupã, Dobrada e Luzitânia, SP, Brasil, próximo às coordenadas geodésicas (Latitude e Longitude) 22°00'05"S e 50°33'02"W, 21°30'38"S e 48°28'09"W, 21°05'25"S e 48°16'00"W, e altitudes de 475, 580, 560 m respectivamente, todas de relevo suave ondulado (favoráveis à mecanização) e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007).

Os solos das áreas foram classificados como se segue:

- Tupã: O estudo foi conduzido na unidade de mapeamento PVA10, classificada como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico, textura arenosa, relevo suave ondulado, A moderado (OLIVEIRA et al., 1999).
- Dobrada: O estudo foi conduzido na unidade de mapeamento PVA2, classificada como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico, abrupto, A moderado textura média, relevo suave ondulado (OLIVEIRA et al., 1999).
- Luzitânia: O estudo foi conduzido na unidade de mapeamento LV45, classificada como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, A moderado, textura argilosa, relevo plano e suave ondulado (OLIVEIRA et al., 1999).

Foram realizadas dez amostragens do solo para cada área experimental (0 - 0,20 m) para determinação da granulometria e classe textural (EMBRAPA, 1997)

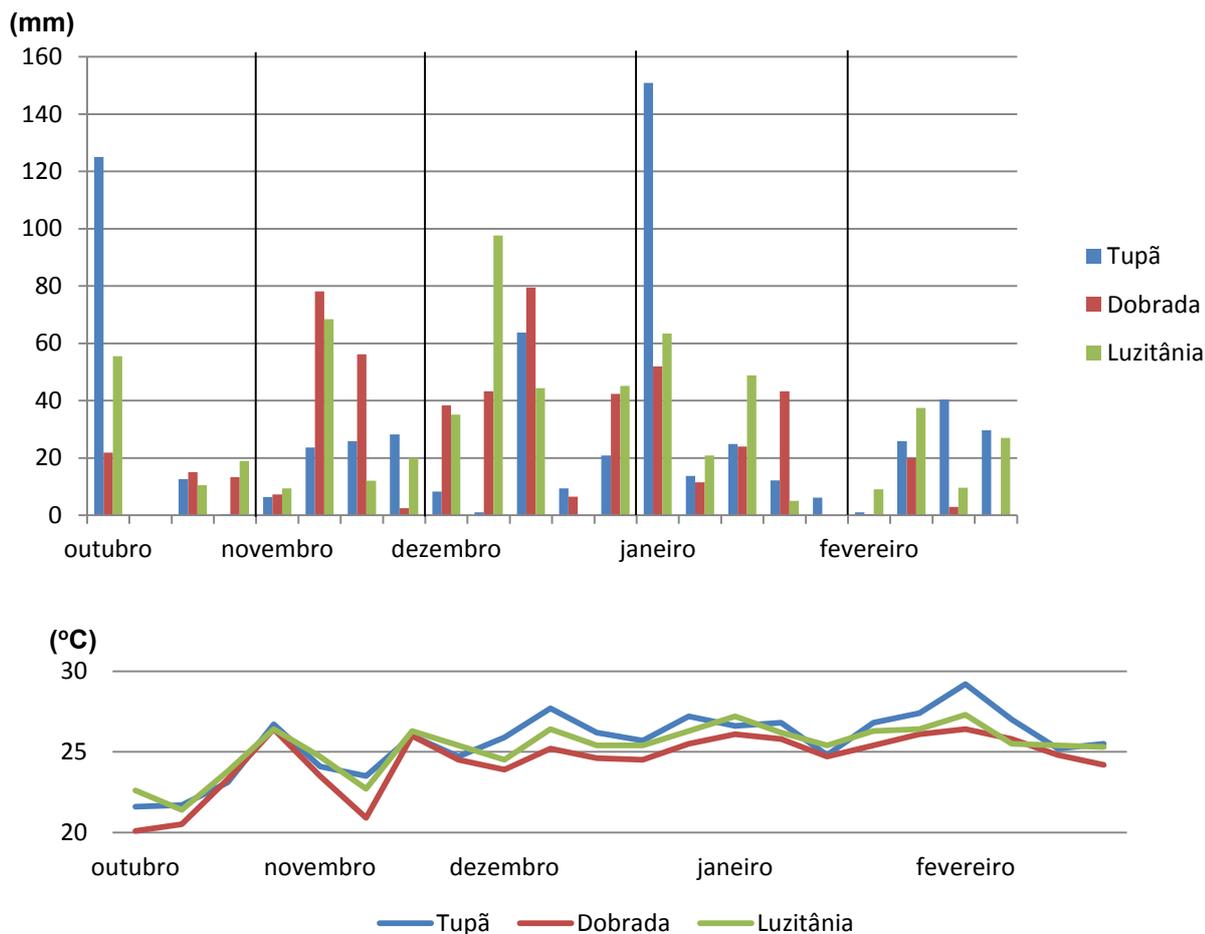
(Tabela 1), sendo as análises realizadas no Laboratório de Solos da UNESP/Jaboticabal, SP.

Tabela 1. Análise granulométrica do solo das áreas experimentais.

	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa	Classe Textural
<i>Áreas</i>g kg ⁻¹				
Tupã	76	35	561	328	Arenosa
Dobrada	153	43	348	456	Média
Luzitânia	497	126	222	155	Argilosa

O solo das áreas foi preparado pelo método convencional na profundidade de 0,20 m (uma aração e duas gradagens), logo após foi realizada a semeadura do amendoim. No momento da semeadura o solo apresentava teor de água médio de 10,65%, 13,25% e 24,65% para as áreas de classes texturais Arenosa, Média e Argilosa, respectivamente. Para isso, foram coletadas dez amostras de cada área experimental utilizando-se um trado holandês na camada de 0 a 0,20 m, sendo acondicionadas em recipientes de alumínio e determinado pelo método gravimétrico padrão, de acordo com metodologia recomendada por Buol et al. (2011).

A precipitação pluviométrica e a temperatura média semanal durante os meses do experimento são apresentadas na Figura 1 (CIIAGRO, 2015).



Fonte: CIIAGRO, 2015.

Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) durante o período do experimento.

Foi adotado esquema amostral em faixas, pelo motivo da homogeneidade das áreas experimentais, sendo coletados 80 pontos amostrais para cada variável analisada (4 passadas do conjunto trator-semeadora com 20 pontos coletados cada, com metade em um sentido de deslocamento do conjunto trator-semeadora e metade em outro para maior casualização). Cada ponto amostral foi espaçado longitudinalmente de 50 m e paralelamente a cada passada do conjunto mecanizado. Os tratamentos foram estabelecidos conforme a classe textural do solo de cada área, sendo então denominados: Arenoso, Médio e Argiloso.

Foram utilizadas sementes tratadas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (peneira 23 mm) do cultivar Granoleico, grupo Virginia, com características de porte rasteiro e crescimento indeterminado. As sementes apresentavam germinação de

70% aferidas pela empresa fornecedora das sementes, e após passadas pelo mecanismo dosador de sementes houve perda de mais 5%, analisado no Laboratório de Análise de Sementes da FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, SP, portanto, as sementes quando já depositadas ao solo pela semeadora apresentavam 65% de germinação.

Para a semeadura mecanizada foram utilizadas as seguintes máquinas e respectivas regulagens:

- Arenoso: trator da marca John Deere, modelo 6415, 4x2 TDA, com 78 kW (106 cv) de potência no motor na rotação nominal, operando na marcha 2ª C com 1600 rpm no motor; Semeadora-adubadora mecânica da marca BIA-Baldan de 4 linhas (duplas), espaçamento de 0,18 x 0,77 m entre linhas, sendo denominado de espaçamento duplo, equipada com discos duplos desencontrados para deposição das sementes e para a abertura do sulco de deposição do adubo e rodas compactadoras duplas em “V”.

- Médio e Argiloso: trator da marca Massey Ferguson, modelo 7150, 4x2 TDA, com 110 kW (150 cv) no motor na rotação nominal, operando na marcha 2ª A com 2000 rpm no motor; Semeadora-adubadora pneumática da marca PHT3 Suprema, com discos duplos desencontrados para deposição das sementes e para a abertura do sulco de deposição do adubo e rodas compactadoras duplas em “V”, operando na regulagem de 4 fileiras de semeadura de 0,90 m de espaçamento entre linhas.

As regulagens para as semeadoras utilizadas foram as mesmas, a fim de proporcionar iguais populações de plantas. A profundidade de semeadura foi regulada para 0,06 m de profundidade e a velocidade da operação para aproximadamente 6,3 km h⁻¹, pois é passível de acontecer pequenas oscilações durante a operação. A densidade de semeadura foi regulada para 20 sementes m⁻¹, sendo que para o solo Arenoso cada linha individual dosou-se de 10 sementes m⁻¹, visto que o espaçamento é duplo.

Não foi realizada a adubação na semeadura. No solo Arenoso foi semeado sob a cultura antecessora milho, e os solos Médio e Argiloso onde era cana-de-açúcar, culturas tais que recebem altas doses de adubo na implantação deixando remanescentes no solo.

Como indicadores de qualidade da semeadura mecanizada foram estipulados as variáveis:

- Densidade de semeadura: após a passagem do conjunto trator-semeadora, cavou-se o sulco da linha de semeadura em 2 m de cada ponto amostral e contou-se o número de sementes depositadas pela semeadora. Essa variável foi transformada em sementes m^{-1} .
- Espaçamentos normais: após estabilização da emergência de plântulas, foram medidos dentre as mesmas, em cada ponto amostral, os espaçamentos com trena graduada em cm em 2 m da linha de semeadura e foram analisados mediante classificação proposta por Kurachi et al. (1989), determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes à classe normal ($0,5 \cdot X_{ref} < X_i < 1,5 \cdot X_{ref}$), baseado em espaçamento de referência (X_{ref}) de acordo com a regulação da semeadora.
- Profundidade de semeadura: após a emergência das plântulas, coletou-as e aferiu-se com régua graduada a distância do colete até a semente em 3 plântulas de cada ponto amostral, sendo considerado como valor final a média das três medições para cada ponto.
- Estande inicial de plântulas: foram contadas em 2 m de linha de semeadura o número de plântulas existentes após estabilização da emergência para cada ponto amostral, sendo o valor transformado para plantas por hectare.

A produtividade de vagens foi determinada anteriormente ao ponto de colheita por meio do arranquio, em seis pontos de cada classe textural de solo, de todas as plantas de amendoim contidas na área da armação de 2 m^2 , coletando-se em seguida as vagens que ficaram sobre e sob o solo, até a profundidade aproximada de 15 cm, colocando-as, após o peneiramento, em sacos de papel para posterior pesagem. O teor de água de todas as amostras foi corrigido para 8% (teor de água de armazenamento do amendoim), e posteriormente, esses valores foram extrapolados para $kg\ ha^{-1}$.

A demonstração geral do comportamento dos dados foi realizada a partir da análise estatística descritiva, calculando-se uma medida de tendência central (média) e duas medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação).

Os resultados também foram avaliados por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se as cartas de controle do tipo I-MR (valores individuais e amplitude móvel), que possuem linhas centrais (média geral e amplitude média), bem como os limites superior e inferior de controle estatístico, 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).

Além disso, foram estipulados limites específicos superiores e inferiores de controle na carta de valores individuais (LESC e LEIC, respectivamente), sendo denominados a partir de limites aceitáveis de cada variável, e um limite específico de variação na carta de amplitude móvel (LEV), determinado a partir da diferença entre os limites específicos, que é a maior variação possível de ser aceita para a operação ser considerada de boa qualidade.

Os limites específicos para cada variável estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Limites específicos de controle para cada variável.

Indicadores*	LESC	LEIC	LEV
Densidade de semeadura (sementes m ⁻¹)	22	18	4
Espaçamentos Normais (%)	55	35	20
Profundidade de semeadura (cm)	8	5	3
Estande inicial de plântulas (plantas ha ⁻¹)	160000	130000	30000

*Densidade de semeadura: Calculado a partir da amplitude de 2 sementes m⁻¹ com relação ao regulado. Espaçamentos normais: Calculado a partir da amplitude de 10% com relação à metodologia proposta por Coelho (1996) já corrigida para 65% (germinação das sementes). Profundidade de semeadura: Calculado a partir da amplitude de 3 cm com relação ao regulado, seguindo a recomendação de Godoy et al. (2014). Estande inicial de plântulas: Calculado a partir da amplitude de 10% com relação à população teórica já corrigida para 65% (germinação das sementes).

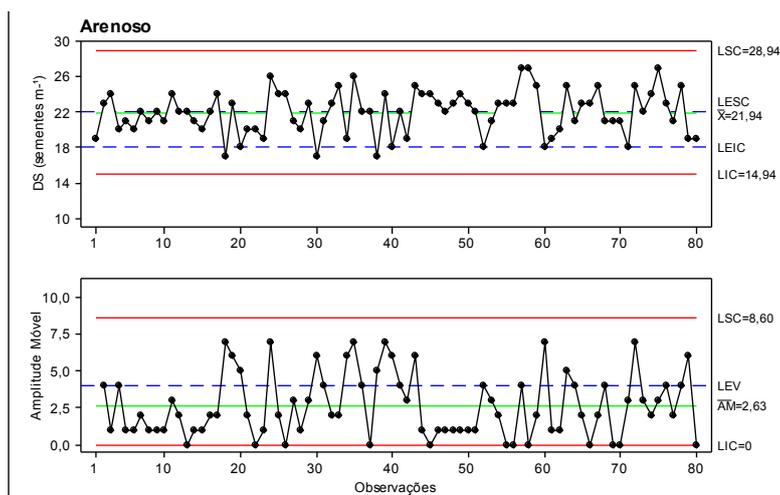
Estas cartas foram utilizadas a fim de identificar a não aleatoriedade, provocadas por algum fator externo, decorrente do processo, bem como avaliar a

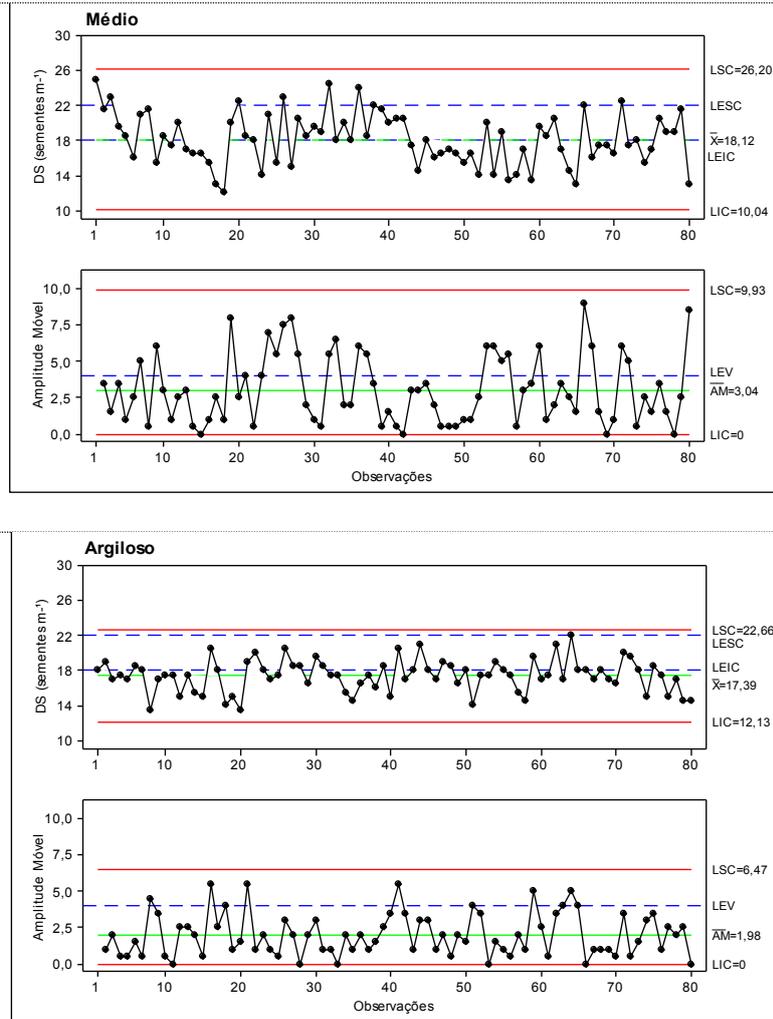
qualidade da operação, utilizando-se como indicadores de qualidade as variáveis descritas anteriormente.

3. Resultados e Discussão

Todas as classes texturais de solo apresentaram-se estáveis sob a óptica do controle estatístico de processos, ou seja, os valores se mantiveram entre os limites superior e inferior de controle, apresentando variabilidade natural do processo.

Para a variável densidade de semeadura, o solo Médio apresentou maior variação do processo verificado pela maior distância entre os limites de controle (Figura 2) e maiores coeficientes de variação e desvio padrão (Tabela 3), considerado então o de mais baixa qualidade dentre as três classes texturais de solo.





DS: Densidade de semeadura. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEIC: Limite específico inferior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 2. Cartas de controle para densidade de semeadura

Tabela 3. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para densidade de semeadura.

Solo	Controle (%)			Variação (%)		CV (%)	DP (sementes m ⁻¹)
	Aceitável	Acima	Abaixo	Aceitável	Acima		
Arenoso	52,5	43,8	3,7	81,3	18,7	11,2	2,4
Médio	43,7	8,8	47,5	72,5	27,5	16,3	3,0
Argiloso	42,5	0,0	57,5	92,5	7,5	10,5	1,8

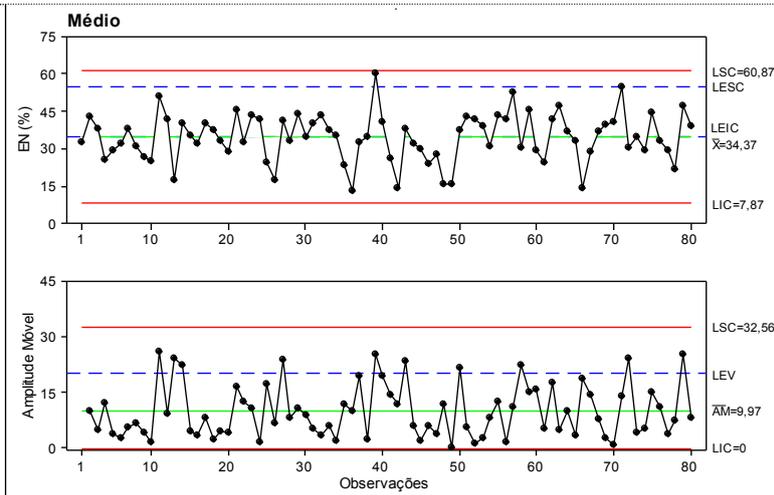
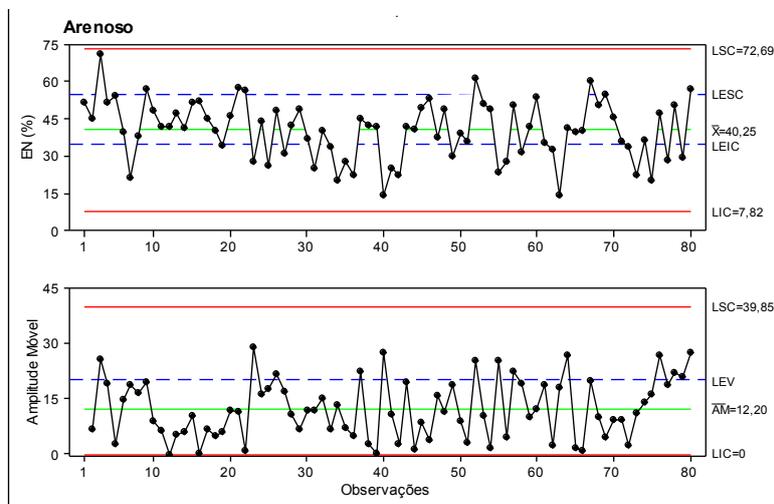
CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão.

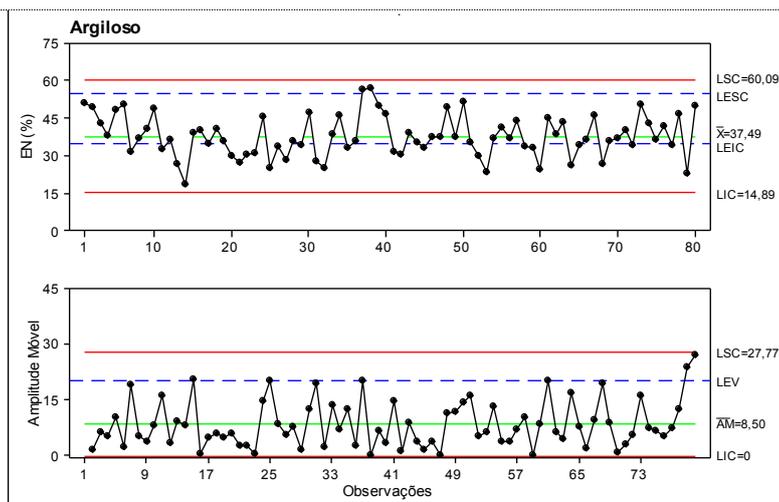
O solo Arenoso, apesar de apresentar o maior número de pontos dentro do limite especificado de controle, mostrou a média muito próxima ao limite específico superior e grande quantidade de pontos acima desse limite (Tabela 3), representando um gasto excessivo de sementes devido exclusivamente à regulação do mecanismo dosador de sementes da semeadora-adubadora (mecânico). O solo Argiloso apresentou a média bem próxima do limite específico inferior, com nenhum ponto acima do especificado (Tabela 3). Devido aos menores coeficientes de variação e desvio padrão, à menor distância entre os limites de controle (LSC e LIC), e à maior quantidade de pontos dentro do limite específico de variação (LEV), esta classe textural de solo foi considerado como sendo o de maior qualidade, mesmo apresentando muitos pontos abaixo do limite inferior de controle especificado. A correta regulação na dosagem de sementes da máquina e seu desempenho durante a realização da operação lhes conferiram esta qualificação.

Neste aspecto, o monitoramento contínuo da operação a fim de detectar possíveis erros ou perda de regulagens, e assim, manter os padrões aceitáveis e diminuir a variabilidade, se torna imprescindível para manter a qualidade ou até melhorá-la. De acordo com Shinde e Katikar (2012) o uso do controle estatístico de processo para monitoramento e, conseqüentemente, elaboração de um plano de melhoria para aumentar a qualidade da operação, são fatores essenciais para que as empresas diminuam seus custos de produção em virtude da menor produção de processos fora do padrão. Levando em consideração o presente trabalho, o consumo de sementes possui relação com o custo de produção para a semeadura mecanizada e se tal excesso for eliminado, como no caso do solo Arenoso, maior poderá ser o retorno financeiro da atividade.

A variável espaçamentos normais apresentou o solo Médio como o de menor qualidade. O menor valor de pontos dentro dos limites aceitáveis, além de a maioria deles estarem abaixo do limite específico inferior foi demonstrado por esta classe textural de solo (Figura 3). É importante ressaltar que esta variável é mensurada entre as plântulas emergidas e que as condições do ambiente para a emergência influenciam diretamente o resultado desta variável. Carvalho e Nakagawa (2000) verificaram que as alterações no ambiente onde as sementes são depositadas podem prejudicar ou favorecer a emergência das plântulas de amendoim.

Neste sentido, verifica-se que o teor de água do solo no momento da semeadura estava baixo (13,25%) e que a precipitação pluviométrica no primeiro mês da implantação foi o menor (89,8 mm). Por este motivo a emergência de plântulas pode ter sido afetada resultando na menor média de espaçamentos normais e porcentagem de valores dentro dos limites especificados de controle diminuindo a qualidade desejada. Ressalta-se também que a densidade de semeadura para este solo foi a de mais baixa qualidade, e por esse motivo a quantidade de espaçamentos normais também foi prejudicada.





EN: Espaçamentos normais. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEIC: Limite específico inferior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 3. Cartas de controle para espaçamentos normais.

Tabela 4. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para espaçamentos normais.

Solo	Controle (%)			Variação (%)		CV (%)	DP (%)
	Aceitável	Acima	Abaixo	Aceitável	Acima		
Arenoso	60,0	8,8	31,2	83,5	16,5	29,2	11,7
Médio	47,5	1,3	51,5	87,3	12,7	27,7	9,5
Argiloso	58,7	2,5	38,8	92,4	7,6	22,0	8,3

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão.

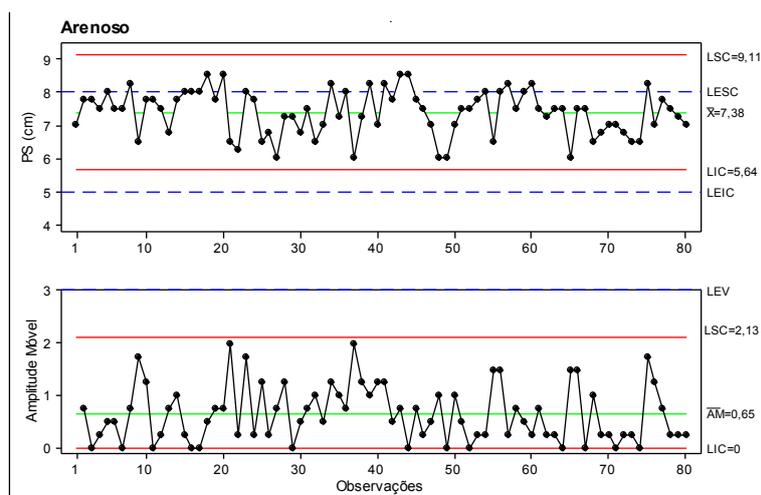
O solo Arenoso, apesar de apresentar a maior parte dos pontos dentro do critério aceitável (Tabela 4), apresentou também grande quantidade de pontos abaixo do especificado, além da mais alta variabilidade (maior distância entre os limites estatísticos de controle e maiores coeficiente de variação e desvio padrão).

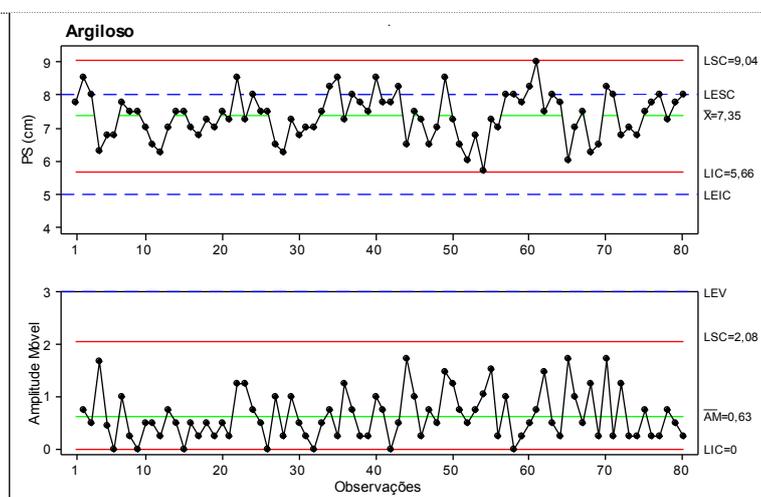
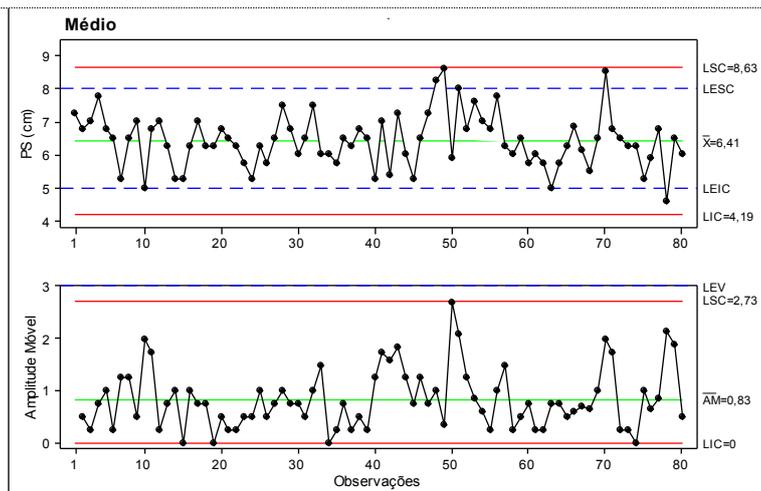
O solo Argiloso apresentou resultado semelhante ao Arenoso, com a maioria dos pontos dentro dos limites específicos aceitáveis (carta de valores individuais), e certa quantidade de pontos abaixo do limite inferior especificado. Entretanto, diferentemente do Arenoso, apresentou a menor variabilidade e quase a totalidade

de pontos dentro do limite de variação aceitável (carta de amplitude móvel), lhe conferindo superior qualidade.

A diferença do desempenho qualitativo entre os solos (Arenoso e Argiloso) está na classe textural de solo e nas condições do solo na semeadura. Com nível adequado de fertilidade, os solos de textura leve (arenosos) e bem drenados são os preferíveis para o seu cultivo, porém o amendoim pode ser cultivado também em solos com até 20% de argila (GODOY et al., 2014). Verifica-se no presente trabalho que mesmo com um teor de água baixo (10,65%) o solo Arenoso permitiu boa emergência das plântulas pós-semeadura. Em solos argilosos a emergência é dificultada pela sua estrutura mais firme, porém, o preparo de solo correto juntamente com o teor de água adequado ocorrido para a realização da semeadura neste solo (24,65%), fez com que a emergência de plântulas se assemelhasse ao solo Arenoso permitindo bom desempenho com relação aos espaçamentos normais, sendo que a precipitação ocorrida nestas duas classes texturais de solo foi semelhante (Figura 1).

Para a variável profundidade de semeadura os solos Arenoso e Argiloso obtiveram alguns pontos acima do limite específico superior (Figura 4), caracterizando semeadura mais profunda do que o desejado nestes pontos. Mesmo assim mantiveram padrão de qualidade com a totalidade dos pontos dentro do limite específico de variação (carta de amplitude móvel).





PS: Profundidade de sementeira. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEIC: Limite específico inferior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 4. Cartas de controle para profundidade de sementeira.

Tabela 5. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para profundidade de sementeira.

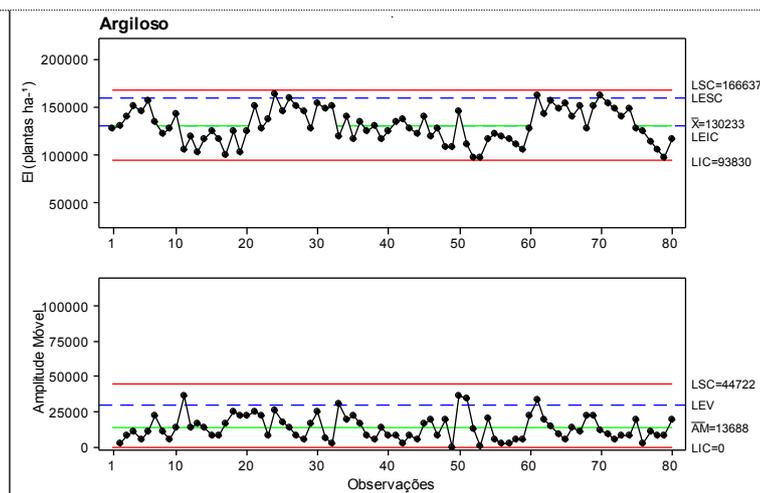
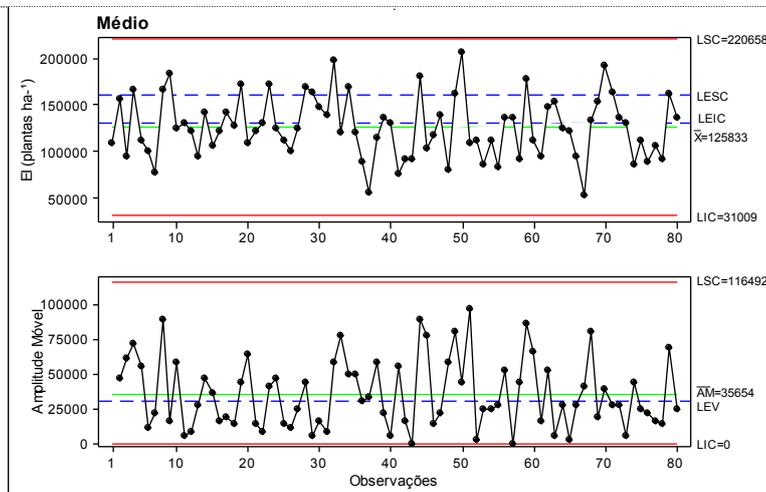
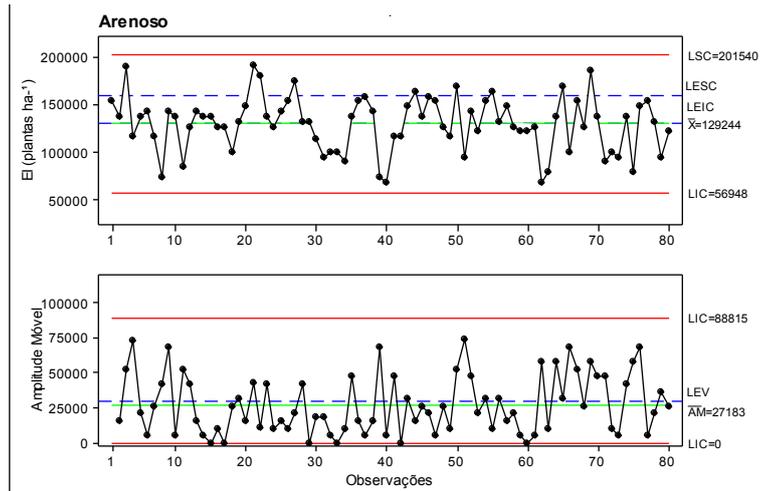
Solo	Controle (%)			Variação (%)		CV (%)	DP (cm)
	Aceitável	Acima	Abaixo	Aceitável	Acima		
Arenoso	86,2	13,8	0,0	100,0	0,0	9,1	0,67
Médio	96,2	3,8	1,3	100,0	0,0	12,6	0,81
Argiloso	87,5	12,5	0,0	100,0	0,0	9,4	0,69

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão.

O solo Médio demonstrou a média da profundidade de semeadura e quase a totalidade dos pontos dentro dos limites especificados, além do todos estarem dentro do limite específico de variação (Tabela 5), portanto, o de melhor qualidade.

Para o presente trabalho a profundidade de semeadura se torna um importante indicador de qualidade, pois profundidades de semeadura inadequadas podem conduzir ao subaproveitamento de assimilados armazenados na semente ou ainda afetar sua partição entre as diferentes estruturas da plântula, refletindo em menor desempenho de crescimento (PEDÓ et al., 2014). Para o amendoim a profundidade de semeadura recomendada é de 5 a 8 cm (GODOY et al., 2014). Neste sentido, em trabalho realizado por Grotta et al. (2008), nas profundidades de semeadura de 6 e 8 cm não houve diferença em componentes de produção do amendoim. No presente trabalho nenhuma classe textural de solo apresentou média acima do recomendado (8 cm), mantendo um padrão de qualidade, já que as profundidades ocorridas demonstram não afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O solo Médio demonstrou baixa qualidade com relação ao estande inicial de plântulas, apresentando grande quantidade de pontos abaixo do limite inferior especificado e acima do limite de variação (Tabela 6), além de alto coeficiente de variação e desvio padrão, e ainda alta distância entre os limites superior e inferior de controle estatístico (Figura 5). A mais baixa qualidade desta classe textural de solo com relação à densidade de semeadura e espaçamentos normais influenciou negativamente no resultado desta variável, por motivos já explicados anteriormente em cada variável.



EI: Estande inicial de plântulas. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESE: Limite específico superior de controle. LEIC: Limite específico inferior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \bar{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 5. Cartas de controle para estande inicial de plântulas.

Tabela 6. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para estande inicial de plântulas.

Solo	Controle (%)			Variação (%)		CV (%)	DP (plantas ha ⁻¹)
	Aceitável	Acima	Abaixo	Aceitável	Acima		
Arenoso	43,7	11,3	45,0	60,8	39,9	21,8	28217
Médio	23,7	20,0	56,3	53,2	46,8	26,1	32836
Argiloso	42,5	3,8	53,7	93,7	6,3	13,2	17227

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão.

Os solos Arenoso e Argiloso se assemelharam quanto à média obtida e quanto à quantidade de pontos dentro dos limites aceitáveis especificados. A grande diferença está na variação do processo, em que o solo Argiloso nitidamente obteve superioridade quanto à qualidade, ou seja, menor variabilidade verificada pela quase totalidade dos pontos dentro do limite aceitável de variação, menores coeficientes de variação e desvio padrão, e menor distância entre os limites superior e inferior de controle estatístico.

Em síntese, a maior qualidade obtida para densidade de semeadura e espaçamentos normais conferiu ao solo Argiloso um estande inicial de plântulas mais homogêneo e dentro do esperado. Corroborando com a média obtida, Godoy et al.(2014) diz que com uma densidade populacional de 130.000 plantas ha⁻¹ ótimas produtividades podem ser conseguidas. O solo Arenoso, com maior média na densidade de semeadura, mas se assemelhando ao Argiloso quanto à quantidade de pontos dentro dos limites especificados para as outras variáveis, somente teve sua qualidade afetada pela maior variabilidade obtida devido às condições hídricas do solo no momento da semeadura. Já o solo Médio, com exceção à densidade e profundidade de semeadura que é exclusivo do desempenho da máquina, obteve qualidade inferior às demais classes texturais de solo devido às condições prejudiciais quanto ao teor de água do solo e às precipitações pluviais.

As produtividades de vagens numericamente acompanharam as qualidades realizadas pelas classes texturais de solo, as quais foram 5.497 kg ha⁻¹, 5.299 kg ha⁻¹, 5.089 kg ha⁻¹ para os solos Argiloso, Arenoso e Médio, respectivamente. A diferença, em média, de 198 kg ha⁻¹ (3,6%) entre os solos Argiloso e Arenoso, 210

kg ha⁻¹ (4,0%) entre o Arenoso e o Médio e 408 kg ha⁻¹ (7,4%) entre o Argiloso e o Médio é consequência, em grande parte, da qualidade discutida dos indicadores avaliados, já que a produtividade é decorrente de vários fatores bióticos e abióticos durante o ciclo da cultura. Porém, são consideradas produtividades boas considerando a média nacional de 3.007 kg ha⁻¹ e a média do estado de São Paulo de 3.131 kg ha⁻¹, Estado onde foi realizado o estudo (CONAB, 2015).

4. Conclusões

Todas as variáveis estudadas se mantiveram sob controle estatístico de processos para as três classes texturais de solo.

O amendoim obteve em solo Argiloso maior qualidade para as variáveis densidade de semeadura, espaçamentos normais e estande inicial de plântulas, seguido do solo Arenoso, e por último, o Médio.

Para a variável profundidade de semeadura o solo Médio apresentou melhor qualidade, seguido do Arenoso e Argiloso os quais obtiveram comportamento semelhante para esta variável.

Conjuntamente, verificou-se que o solo Argiloso, mesmo possuindo teor de argila acima do recomendado para a implantação da cultura do amendoim, porém em condições melhores de teor de água, obteve melhor qualificação.

5. Referências Bibliográficas

ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. Tese (Dourado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, p. 244. 2010.

BUOL, S. W.; SOUTHARD R. J.; GRAHAM R. C.; MCDANIEL P. A. Morphology and compositions of soils. In: Buol SW, Southard RJ, Graham RC, McDaniel PA (eds) **Soil genesis and classification**. 6rd edn. Wiley-Blackwell, Oxford, pp 35-88, 2011.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

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

CIIAGRO. **Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas**. São Paulo: Portal do Governo do Estado de São Paulo, 2015. Acesso em: 03 fev. 2015. Online. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br>

COELHO, J. L. D. Ensaio e certificação das máquinas para semeadura. In: Mialhe, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. Cap. 11, p. 551-570.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2014/2015, quinto levantamento: fevereiro/2015**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_02_12_08_59_27_boletim_graos_fevereiro_2015.pdf. Acesso em: 12 fev. 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1997. 212p.

GODOY, I. J.; BOLONHEZI, D.; MICHELOTTO, M. D.; FINOTO, E. L.; KASAI, F. S.; FREITAS, R. S. Amendoim, *Arachis hypogaea* L. In: Aguiar, A. T. E.; Gonçalves, C.; Paterniani, M. E. A. G. Z.; Tucci, M. L. S.; Castro, C. E. F. **Boletim IAC 200: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7.^a Ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014, p. 22-27.

GROTTA, D. C. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; REIS, G. N.; CORTEZ, J. W.; ALVES, P. J. Influência da profundidade de semeadura e da compactação do solo sobre a semente na produtividade do amendoim. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 547-552, 2008.

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

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. DE. A.; SOUZA, F. H.; SILVA, J. G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 94-101, jan./mar. 2013.

MELO, R. P.; FERNADES, F. R. B.; NASCIMENTO, H. C. F.; MAIA, C. L.; ALBIERO D. Análise do controle de qualidade da densidade de distribuição de arroz por uma semeadora de fluxo contínuo. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 8, n. 4, p. 343-350, 2014.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 6º Ed. Nova York: John Wiley and Sons, 2009, p. 06.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: Legenda Expandida**. Campinas: IAC, 1999.

PAULINI, D. G.; MILAN, M.; SALVI, J. V. Qualidade total. **Cultivar Máquinas**, v.85, 2009.

PEDÓ, T.; SEGALIN, S. R.; SILVA, T. A.; MARTINAZZO, E. G.; GAZOLLA NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. Vigor de sementes e desempenho inicial de plântulas de feijoeiro em diferentes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.59-64, 2014.

PEEL M, FINLAYSON B, MCMAHON T. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrol Earth Syst Sc.**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

SHINDE, J. H., KATIKAR, R. S. Importance of process capability and process performance indices in machine tool. **International Journal of Research in Engineering & Applied Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1211-1217, 2012.

TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. Desempenho de trator agrícola atuando com 5% de biodiesel em operação de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 3, p. 205-2014. 2009.

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

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

CAPÍTULO 3 - Controle estatístico de processos aplicado ao arranquio mecanizado de amendoim em classes texturais de solo

Resumo - O arranquio de amendoim, o qual possui a produção de vagens em subsuperfície, é diretamente afetado pelas condições de solo, seja por características físicas ou ambientais no momento da operação, podendo ser a causa de indesejadas perdas. Portanto, a qualidade da operação é de fundamental importância para a minimização dessas perdas. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade da operação de arranquio mecanizado de amendoim em função de três classes texturais solo (Arenoso, Médio e Argiloso) e suas condições de teor de água no momento da operação por meio do controle estatístico de processos. O experimento foi realizado em três localidades do estado de São Paulo, Brasil, sob esquema amostral disposto em faixas e 40 pontos amostrais para cada classe textural de solo, utilizando-se das variáveis analisadas como indicadores de qualidade do arranquio mecanizado. Verificou-se que a operação de arranquio mecanizado no solo Arenoso foi a mais crítica, atendendo pouco às especificações dos indicadores de qualidade refletindo em maiores perdas e menor qualidade da operação. O solo Médio apresentou no momento do arranquio condições boas e homogêneas com relação aos teores de água de solo e vagens, e por possuir características favoráveis obteve o menor valor de perdas totais e maior qualidade da operação. O solo Argiloso, mesmo possuindo características que dificultam o arranquio, apresentou qualidade satisfatória, atendendo bem às especificações, porém com qualidade inferior ao solo Médio.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., perdas, qualidade, teor de água do solo, teor de água das vagens.

1. Introdução

A colheita é uma das mais importantes etapas do processo de produção agrícola e, assim como em outras culturas, também na cultura do amendoim deve ser finalizada no menor tempo possível, pois as ocorrências de fatores climáticos adversos possibilitam o aumento das perdas. Além disso, existem outros fatores relacionados à regulagem e operação das máquinas que também podem acarretar

perdas durante a colheita. O monitoramento dessas perdas possibilita a detecção de erros que, porventura, possam ocorrer durante o processo, permitindo a correção dos mesmos, de modo que as perdas possam ser minimizadas e não venham a ocasionar quedas na produção.

Dentre as condições que influenciam o arranquio do amendoim, Bragachini e Peiretti (2009) destacam o tipo e as condições do solo, já que o amendoim produz vagens abaixo da superfície do mesmo. Neste sentido, a resistência do ginóforo ao rompimento é um fator importante para designar as perdas no arranquio do amendoim, sendo dependente da estrutura e do teor de água do solo (INCE e GUZEL, 2003). Assim, diferenças texturais do solo relacionado ao teor de água que o solo se encontra no momento do arranquio são primordiais para a realização da operação, a qual necessita ser realizada com a maior qualidade possível visando à diminuição das perdas.

Para que seja atingindo um nível elevado de qualidade nas operações com maquinários agrícolas, programas de controle de qualidade têm de ser implantados nas unidades produtoras como forma de melhorar a eficiência das operações em curto prazo e mantê-las também com a qualidade em longo prazo, sendo a ferramenta utilizada para tal o Controle Estatístico de Processos (CEP). Hessler et al. (2009) afirmam que um dos principais objetivos do CEP é a eliminação de toda ou quase toda a variabilidade existente em um processo, por isso, 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, 2009).

Diante do exposto e com a pretensão da identificação de pontos críticos causadores da variabilidade decorrente do processo, objetivou-se avaliar a qualidade do arranquio mecanizado de amendoim em função de três classes texturais de solo e suas condições de teor de água no momento do arranquio.

2. Materiais e Métodos

O estudo foi realizado em três localidades do estado de São Paulo (Brasil), em solos classificados de acordo com Oliveira et al. (1999) como se segue:

- Tupã (1): O estudo foi conduzido na unidade de mapeamento PVA10, classificada como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico, textura arenosa, relevo suave ondulado, A moderado.
- Dobrada (2): O estudo foi conduzido na unidade de mapeamento PVA2, classificada como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico, abrupção, A moderado textura média, relevo suave ondulado.
- Luzitânia (3): O estudo foi conduzido na unidade de mapeamento LV45, classificada como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, A moderado, textura argilosa, relevo plano e suave ondulado.

As coordenadas geodésicas dos locais são as seguintes (Latitude e Longitude): 22°00'05"S e 50°33'02"W, 21°30'38"S e 48°28'09"W, 21°05'25"S e 48°16'00"W, e altitudes de 475, 580, 560 m para as áreas 1, 2, e 3, respectivamente, todas de relevo suave ondulado (favoráveis à mecanização) e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007).

A análise da classe textural (EMBRAPA, 1997) foi realizada no Laboratório de Solos da UNESP/Jaboticabal, SP, Brasil (Tabela 1), de 0 a 0,20 m de profundidade.

Tabela 1. Análise granulométrica do solo das áreas experimentais.

	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa	Classe Textural
Áreasg kg ⁻¹				
1	76	35	561	328	Arenosa
2	153	43	348	456	Média
3	497	126	222	155	Argilosa

Na implantação da cultura o solo das áreas foi preparado pelo método convencional (uma aração e duas gradagens). O cultivar de amendoim utilizado foi o Granoleico, que possui porte rasteiro e crescimento indeterminado. As características da cultura no momento do arranquio são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características da cultura no momento do arranquio.

Áreas	DAS	Maturação (%)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1	127	73	5299
2	130	68	5089
3	120	71	5497

A maturação das vagens foi determinada em seis pontos amostrais para cada classe textural de solo, utilizando-se do método “*Hull Scrape*” (WILLIAMS e DREXLER, 1981). Nos mesmos pontos foi mensurada a produtividade por meio do arranquio manual, em seis pontos de cada tratamento, de todas as plantas de amendoim contidas na área da armação de 2 m², coletando-se em seguida as vagens que ficaram sobre e sob o solo, até a profundidade aproximada de 15 cm, colocando-as, após o peneiramento, em sacos de papel para posterior pesagem. O teor de água de todas as amostras foi corrigido para 8% (teor de água de armazenamento do amendoim), e posteriormente, esses valores foram extrapolados para kg ha⁻¹.

Pelo motivo da homogeneidade das áreas de estudo, o experimento foi disposto em faixas, com a coleta de 20 pontos em um sentido do deslocamento do conjunto trator-arrancador e outros 20 no sentido contrário para maior casualização, sendo eles espaçados 50 m longitudinalmente e paralelamente a cada passada do conjunto trator-arrancador. Como base de comparação, considerando o objetivo proposto, os tratamentos foram denominados segundo a classe textural como Arenoso, Médio e Argiloso.

Para o arranquio mecanizado do amendoim foram utilizados os seguintes equipamentos para cada tratamento:

- Arenoso: Trator da marca John Deere, modelo 6110 J, 4 x 2 TDA, com 80,9 kW (110 cv) de potência no motor na rotação nominal, operando na marcha 3^a B com 1800 rpm no motor, resultando em uma velocidade de trabalho de 7 km h⁻¹; Arrancador-invertedor montado, marca Agromérica, 2x1 (duas fileiras formando uma leira), com largura de trabalho de 1,8 m.

- Médio: Trator da marca Massey Ferguson, modelo 7150, 4x2 TDA, com 110 kW (150 cv) no motor na rotação nominal, operando na marcha 3ª B, com 2000 rpm no motor e velocidade de trabalho de 6,0 km h⁻¹; Arrancador-invertedor montado, marca Santal, modelo AIA2, 2x1 (duas fileiras formando uma leira), com largura de trabalho de 1,8 m.

- Argiloso: Trator da marca Massey Ferguson, modelo 7390, 4x2 TDA, com 139,7 kW (190 cv) no motor na rotação nominal, operando na marcha 3ª B, com rotação de 2000 rpm no motor e velocidade de trabalho de 7,3 km h⁻¹; Arrancador-invertedor montado, marca KBM, 4x2 (4 fileiras x 2 leiras), com largura de trabalho de 3,6 m.

A profundidade de arranquio foi regulada para aproximadamente 0,15 m de profundidade, a qual se encontra a produção das vagens, porém oscilações acontecem devido às irregularidades do terreno, afiação e ângulo das facas, entre outros.

As variáveis utilizadas como indicadores de qualidade do arranquio mecanizado foram:

- Teor de água do solo: foram coletadas amostras no momento do arranquio utilizando-se um trado holandês na camada de 0 a 0,15 m, sendo acondicionadas em recipientes de alumínio e determinado pelo método gravimétrico padrão, de acordo com metodologia recomendada por Buol et al. (2011). Foi utilizada essa profundidade porque as vagens de amendoim se encontram até esta camada.

- Teor de água das vagens: foram retiradas 50 vagens das leiras em cada ponto amostral, logo após a passagem do arrancador-invertedor, pesadas antes e depois de serem colocadas em estufa para secagem, sendo determinada de acordo com Brasil (2009).

- Perdas visíveis: realizada após o arranquio, sendo a leira levantada cuidadosamente, e neste local, posicionada uma armação de 2 m² (1,11 x 1,80 m), sendo então recolhidas todas as vagens e grãos soltos que estavam sobre o solo, no interior da armação, e então pesadas. Esta medida de armação foi determinada para se alcançar a largura exata do arrancador-invertedor, sendo esta posicionada sobre duas fileiras da cultura. No caso do arrancador duplo (4 fileiras x 2 leiras) a armação foi posicionada duas vezes paralelamente.

- Perdas invisíveis: com a armação posicionada no mesmo local de coleta das perdas visíveis, cavou-se o solo com ajuda de uma enxada a 0,15 m de profundidade, seguindo-se com o peneiramento do solo e separação das vagens que não foram arrancadas, e então pesadas.
- Perdas totais: foram determinadas a partir do somatório das perdas visíveis e invisíveis no arranquio.

O teor de água de todas as amostras das perdas foi corrigido para 8% (teor de água de armazenamento do amendoim), e posteriormente, esses valores foram extrapolados para kg ha^{-1} .

Utilizando-se estatística descritiva permitiu-se calcular uma medida de tendência central (média), e duas de dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação).

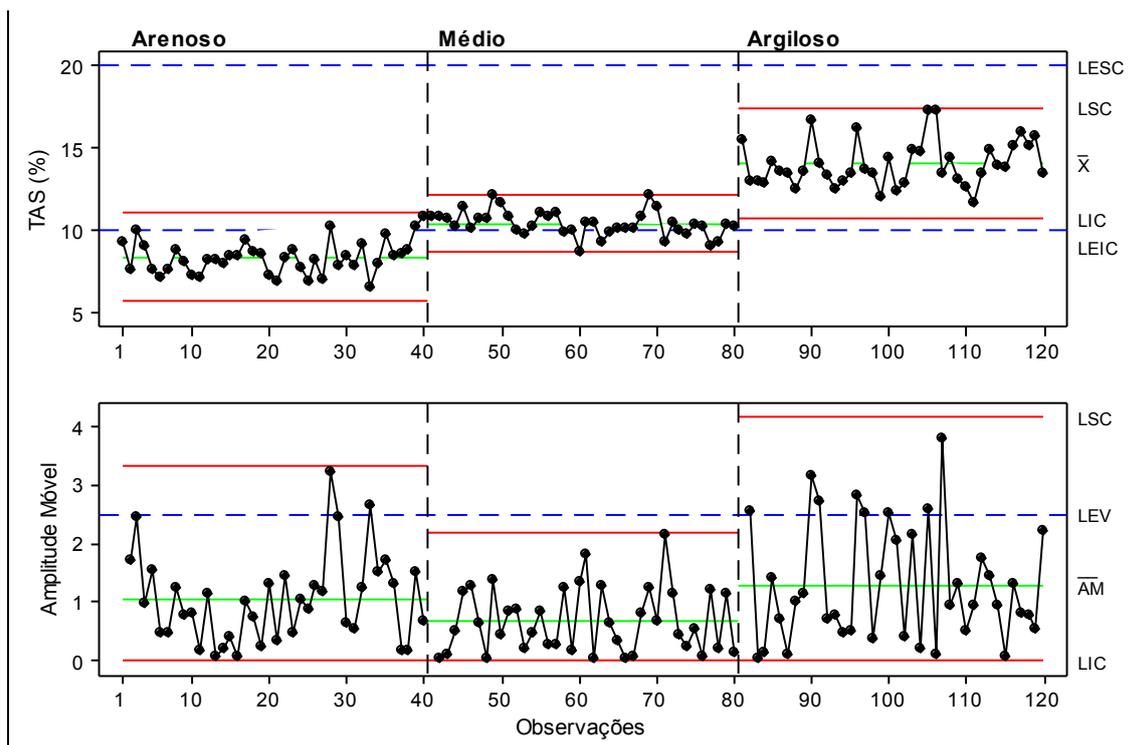
Para avaliar a qualidade da operação, por meio da análise da variabilidade do processo de arranquio mecanizado de amendoim, foi realizado o controle estatístico por meio das cartas de controle por variáveis (*control charts*), sendo as variáveis anteriormente descritas utilizadas como indicadores de qualidade. O modelo de carta de controle utilizado foi “Individual com Amplitude Móvel” (*I-MR: Individual-Moving Range*), que contém dois gráficos: o primeiro correspondendo aos valores individuais amostrados em cada ponto, e o segundo, obtido pela amplitude calculada entre duas observações sucessivas. Os limites de controle foram estabelecidos considerando-se a variação dos resultados devido a causas não-controladas no processo (causas especiais), tendo sido calculados com base no desvio padrão das variáveis, definidos como LSC (limite superior de controle): média mais três vezes o desvio-padrão, e LIC (limite inferior de controle): média menos três vezes o desvio, quando maior que zero.

Além dos limites estatísticos de controle, foram calculados também limites específicos (LESC e LEIC: superior e inferior, respectivamente) estipulados a partir de limites aceitáveis de cada variável, e um limite específico de variação na carta de amplitude móvel (LEV), determinado a partir da maior variação possível de ser aceita para a operação ser considerada de boa qualidade. Tais limites para cada variável foram:

- Teor de água do solo: LESC: 20%, LEIC: 10%, LEV: 2,5 %. Calculado devido às condições ambientais e adaptada pelo recomendado de Santos et al. (2010).
- Teor de água das vagens: LESC: 35%, LEIC: 25%, LEV: 5,0 %. Calculado devido às condições ambientais e adaptada pelo recomendado de Segato e Penariol (2007).
- Perdas visíveis: LESC: 160 kg ha⁻¹, LEIC: não estipulado por ser nulo o desejável de perdas, LEV: 30 kg ha⁻¹. Estipulado a partir do valor aceitável de 3 % da produtividade média de vagens dos três tratamentos.
- Perdas invisíveis: LESC: 370 kg ha⁻¹, LEIC: não estipulado por ser nulo o desejável de perdas, LEV: 40 kg ha⁻¹. Estipulado a partir do valor aceitável de 7 % da produtividade média de vagens dos três tratamentos.
- Perdas totais: LESC: 530 kg ha⁻¹, LEIC: não estipulado por ser nulo o desejável de perdas, LEV: 50 kg ha⁻¹. Estipulado a partir do valor aceitável de 10 % da produtividade média de vagens dos três tratamentos.

3. Resultados e Discussão

O teor de água do solo no momento do arranquio se mostrou estável (Figura 1), ou seja, sob controle estatístico, indicando que a variabilidade existente para esta variável pode ser atribuída apenas a causas comuns (aleatórias), ou seja, é intrínseca ao processo. Este fato demonstra, sob a ótica do controle de qualidade, que independente da classe textural de solo, manteve-se um padrão adequado de qualidade, neste caso demonstrando homogeneidade do teor de água do solo na área.



TAS: Teor de água do solo. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEIC: Limite específico inferior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 1. Cartas de controle para teor de água do solo.

Tabela 3. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para teor de água do solo.

Solo	Controle (%)			Variação (%)		CV (%)	DP (%)	\bar{X}
	Aceitável	Acima	Abaixo	Aceitável	Acima			
Arenoso	10	0	90	94,9	5,1	12,2	1,0	8,3
Médio	75	0	25	100	0	7,4	0,7	10,4
Argiloso	100	0	0	87,2	12,8	10,0	1,4	14,0

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. \bar{X} : média.

A diferença entre os solos para o teor de água está nas médias obtidas, na quantidade de pontos dentro dos limites especificados e na variabilidade apresentada. A menor média obtida foi apresentada pelo solo Arenoso, considerado um teor de água baixo, sendo que a média ficou abaixo do limite inferior especificado. O solo Argiloso apresentou a maior média, porém também

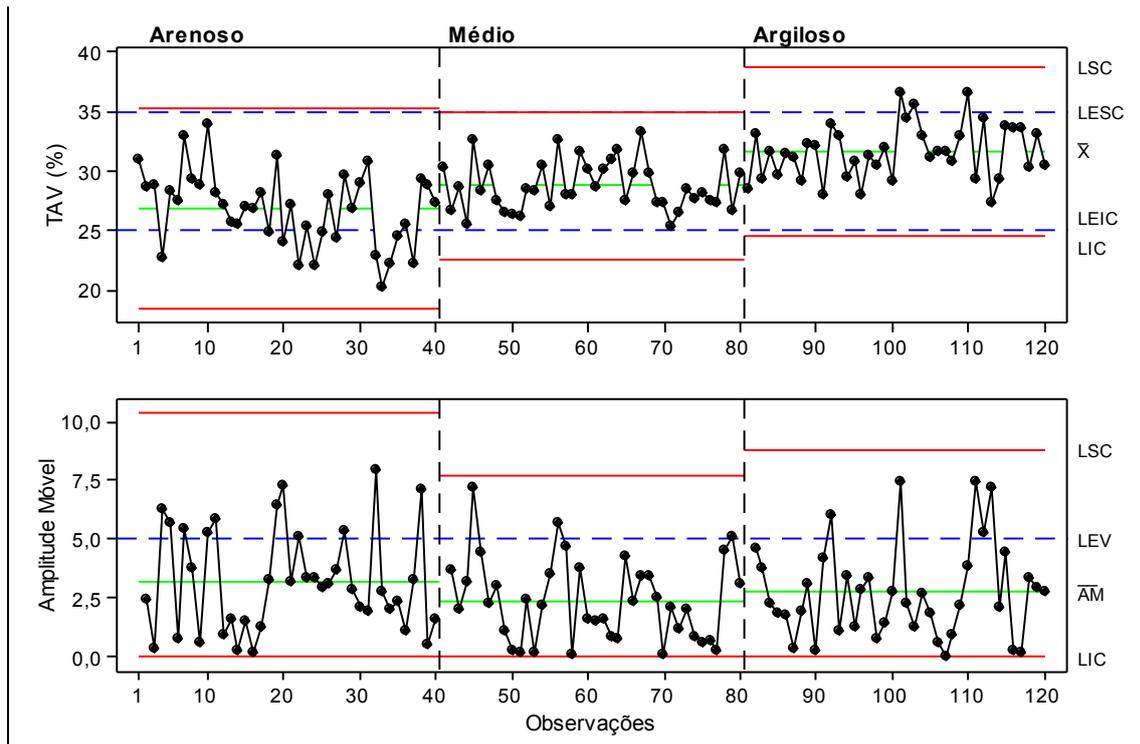
considerado baixo, já que Santos et al. (2010) recomendam teor de água do solo no arranquio de 18 a 20% em solo argiloso.

Como cada classe textural de solo apresenta características distintas, cada um se comporta diferentemente com relação ao teor de água na eficiência do arranquio mecanizado de amendoim, sendo este comportamento analisado por outras variáveis, como por exemplo, as perdas, que serão discutidas posteriormente.

Considerando os limites específicos estipulados verifica-se que o solo Arenoso apresentou a maior parte dos pontos abaixo do aceitável (Tabela 3), o que o torna de mais baixa qualidade dentre os tratamentos, já que um processo de alta qualidade deve atender ao máximo as especificações (MONTGOMERY, 2009). Este fato é crítico considerando a importância do teor de água do solo na eficiência do arranquio mecanizado de amendoim.

O solo Argiloso apresentou a totalidade dos pontos entre os limites aceitáveis e o solo Médio apresentou 75% entre esses limites, com o restante abaixo do limite específico inferior. A diferença de 25% a menos de aceitáveis para o solo Médio não é o bastante para abaixar sua qualidade, pois, para o teor de água do solo é imprescindível a homogeneidade da área para que não ocorra pontos falhos no arranquio das vagens, minimizando potencialmente as perdas, assim, o solo Médio apresentou a menor variabilidade com os limites de controle estatísticos menos distantes tanto na carta de valores individuais quanto na de amplitude móvel, a totalidade dos pontos dentro do limite específico de variação e os menores desvio padrão e coeficiente de variação, portanto, mais qualificado.

O teor de água das vagens apresentou todos os pontos situados entre os limites de controle (Figura 2), tanto para os valores individuais quanto para os valores de amplitude móvel, sendo então o processo considerado como estável, com variações aleatórias causadas por fatores naturais inerentes ao processo.



TAV: Teor de água das vagens. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LEIC: Limite específico superior de controle. LEIC: Limite específico inferior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 2. Cartas de controle para teor de água das vagens.

Tabela 4. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para teor de água das vagens.

Solo	Controle (%)			Variação (%)		CV (%)	DP (%)	\bar{X}
	Aceitável	Acima	Abaixo	Aceitável	Acima			
Arenoso	70	0	30	71,8	28,2	11,7	3,1	26,8
Médio	100	0	0	92,3	7,7	7,2	2,1	28,7
Argiloso	92,5	7,5	0	87,2	12,8	7,3	2,3	31,6

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. \bar{X} : média.

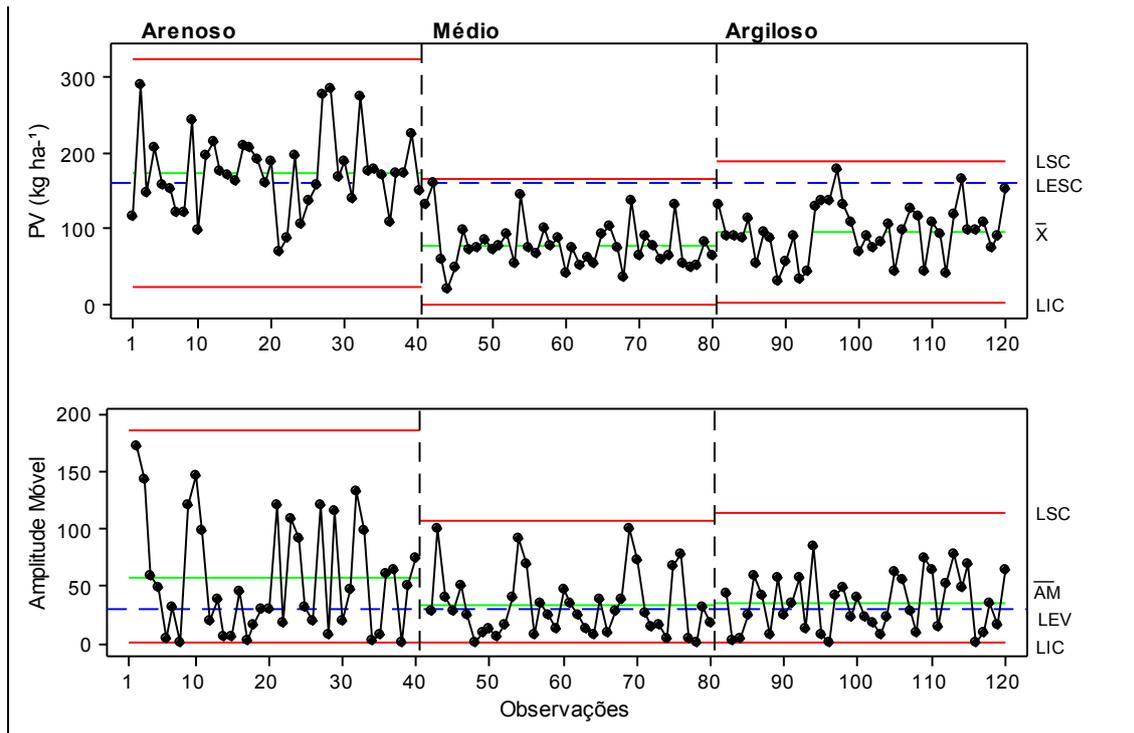
Observa-se que as médias do teor de água das vagens se comportaram semelhantemente às médias do teor de água do solo, em que maiores valores do teor de água dos solos acarretaram em maiores valores do teor de água das vagens, e conseqüentemente dos ginóforos, que são as estruturas que levam e comportam em sua extremidade as vagens abaixo da superfície do solo. Portanto, os teores de

água de solo e vagem são interligados e importantes indicadores para o comportamento das perdas. Neste sentido, Ince e Guzel (2003) afirmam existir uma relação exponencial entre a resistência do ginóforo ao rompimento (GBR) e o teor de água do solo, de forma que quando diminui o teor de água, diminui a GBR e, conseqüentemente, aumentam as perdas totais na colheita.

Verifica-se que os baixos teores de água do solo acarretaram em também considerados baixos os teores de água das vagens, considerando o indicado por Segato e Penariol (2007) os quais afirmam que a faixa ideal para o arranquio é de 35 a 45% de água nas vagens.

Similarmente ao comportamento do teor de água do solo, o solo Médio apresentou a menor variabilidade para o teor de água das vagens, além da totalidade dos valores dentro dos limites de controle aceitáveis estipulados para esta variável (Tabela 4), sendo considerado então o de maior qualidade, seguido do solo Argiloso que por pequenas diferenças na quantidade de valores dentro dos limites específicos obteve qualidade pouco inferior, apresentando coeficiente de variação e desvio padrão bem próximo ao solo Médio. Por último o solo Arenoso, de menor qualidade, com menores valores aceitáveis tanto nos limites específicos de controle quanto no limite específico de variação, apresentando também maior variabilidade.

Não houve valores de perdas visíveis ultrapassando os limites de controle estatístico para as três classes texturais de solo (Figura 3), os quais apresentaram somente diferenças na variabilidade natural do processo que é o efeito cumulativo de causas inevitáveis e aleatórias que fazem parte do processo.



PV: Perdas visíveis. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESL: Limite específico superior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 3. Cartas de controle para perdas visíveis.

Tabela 5. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para perdas visíveis.

Solo	Controle (%)		Variação (%)		CV (%)	DP (kg ha ⁻¹)	\bar{X}
	Aceitável	Acima	Aceitável	Acima			
Arenoso	37,5	62,5	43,6	56,4	30,3	52,8	174,4
Médio	97,5	2,5	59,0	41,0	39,4	30,6	77,5
Argiloso	95,0	5,0	48,7	51,3	37,8	36,0	95,2

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. \bar{X} : média.

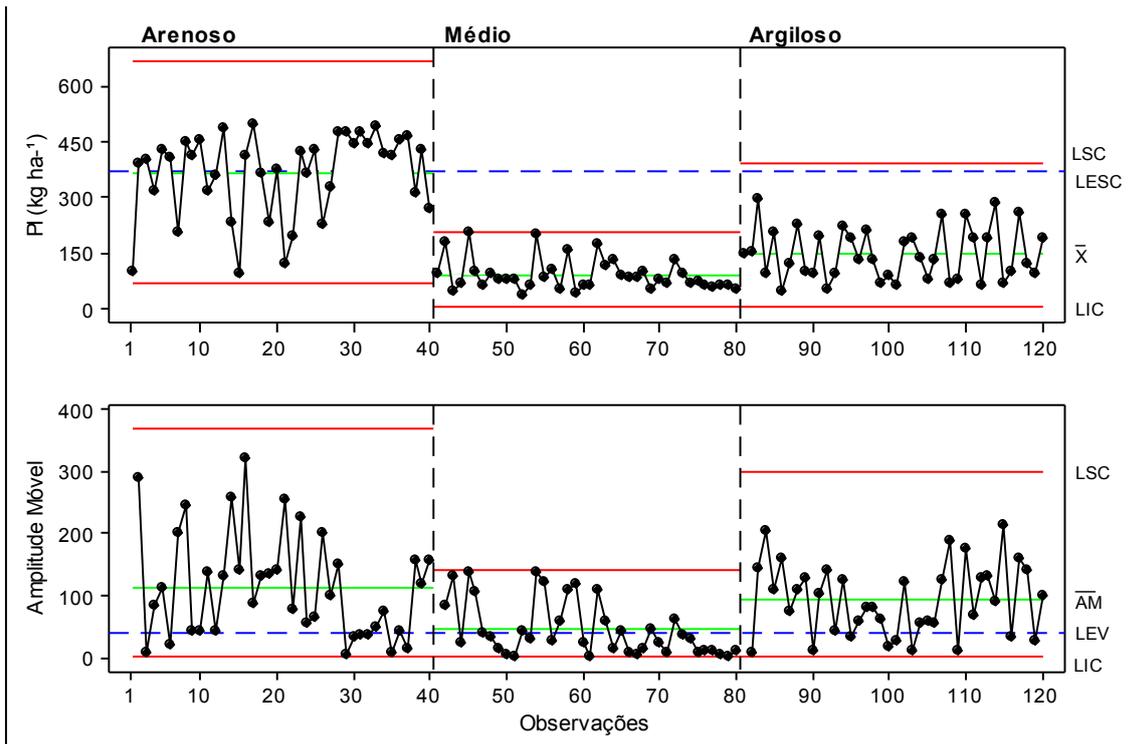
Os solos Médio e Argiloso apresentaram quase a totalidade dos pontos no limite aceitável estipulado de perdas visíveis (Tabela 5), sendo a diferença entre eles demonstrado pela menor média obtida pelo solo Médio e menor variabilidade (menor desvio padrão e maior número de pontos dentro do limite aceitável de variação). Já o solo Arenoso apresentou a maior média juntamente com a maioria dos pontos

acima do limite específico superior de controle, além de maior desvio padrão acarretando em maiores distâncias entre os limites superior e inferior de controle estatístico tanto na carta de valores individuais quanto na carta de amplitude móvel, ou seja, maior variabilidade, menor qualidade.

As causas para a maior variação do processo para o solo Arenoso pode estar ligado aos menores teores de água de solo e das vagens, bem abaixo do recomendado para a realização do arranquio mecanizado, como já discutido em cada uma dessas variáveis. O solo Arenoso, mesmo sendo o melhor recomendado para a implantação do amendoim por ser mais leve, menos coeso e de mais fácil desestruturação, facilitando o arranquio das vagens da subsuperfície do solo, foi afetado pelas condições ambientais no momento do arranquio.

Nessas condições o ginóforo mais seco fica mais frágil o que facilita seu desprendimento das vagens, assim, quando a planta é arrancada e elevada à esteira vibratória do arrancador-invertedor as vagens se desprendem das ramas e caem sobre o solo, portanto aumentando as perdas visíveis. Neste sentido, a correta regulação da vibração da esteira deve ser precisa e monitorada durante a operação para minimização das perdas visíveis, para isso, o uso das ferramentas do controle estatístico de qualidade se torna essencial para o monitoramento do processo, detecção de eventuais ações de causas especiais e, por fim, para criar um plano de melhorias para eliminar a influência de ações extrínsecas ao processo, no caso, adequar a operação para o menor teor de água do solo e das vagens encontrado, que conseqüentemente aumentará a qualidade da operação, por meio da redução da variabilidade decorrente da mesma e, potencialmente, diminuição das perdas.

Comportamento semelhante às perdas visíveis com relação à variabilidade do processo foi obtido para perdas invisíveis (Figura 4).



PI: Perdas invisíveis. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 4. Cartas de controle para perdas invisíveis.

Tabela 6. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para perdas invisíveis.

Solo	Controle (%)		Variação (%)		CV (%)	DP (kg ha ⁻¹)	\bar{X}
	Aceitável	Acima	Aceitável	Acima			
Arenoso	40	60	20,5	79,5	30,8	112,3	364,3
Médio	100	0	64,1	35,9	47,6	41,9	88,2
Argiloso	100	0	23,0	77,0	48,3	70,3	145,5

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. \bar{X} : média.

Os solos Médio e Argiloso apresentaram todos os pontos dentro do limite específico aceitável de controle de perdas invisíveis, sendo o solo Médio de maior qualidade, devido à menor média de perdas, menor desvio padrão e a maior parte dos pontos situados dentro do limite específico de variação (Tabela 6), portanto,

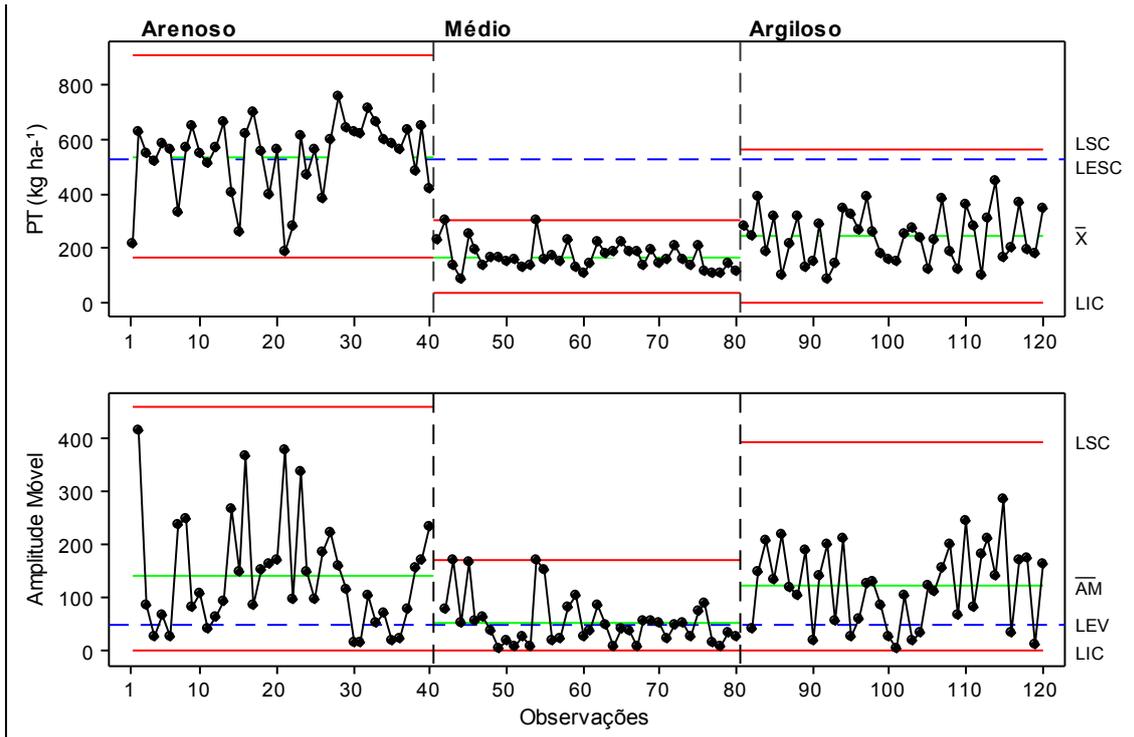
menores perdas e menor variabilidade, reflexo de uma operação bem realizada e homogênea.

O solo Arenoso, semelhante às perdas visíveis, obteve média de perdas invisíveis bem superior aos demais solos, maioria dos pontos acima do limite especificado, desvio padrão muito alto e poucos pontos dentro do limite aceitável de variação, ou seja, de baixa qualidade, já que apresentou grande variabilidade e atende pouco às especificações.

Neste caso, considerando novamente a menor resistência do ginóforo com baixo teor de água, as vagens se desprendem ainda em subsuperfície quando irão ser arrancadas, causando maiores perdas invisíveis. Outro fato importante que necessita de monitoramento contínuo ao longo do tempo é a afiação das facas de corte e a manutenção das mesmas permanentemente afiadas, para que realizem o corte perfeito das raízes pivotantes das plantas de amendoim e as arrancam corretamente, assim minimizando o efeito de outros fatores que facilitam a ocorrência das perdas invisíveis.

Bragachini e Peiretti (2009) destacam o tipo e condições do solo, projeto, regulagem e manutenção do arrancador utilizado, afiação das facas e profundidade de corte como fatores críticos que podem causar maiores perdas invisíveis. Portanto, a adequação da operação para cada situação deparada e a minimização de todos possíveis fatores que possam acarretar as perdas é necessária para aumentar a qualidade do processo de arranquio mecanizado.

Comportamento semelhante às perdas invisíveis foi demonstrado pelas perdas totais (Figura 5, Tabela 7), já que as perdas totais é a somatória das perdas visíveis com as invisíveis, e esta última apresenta maior valor, portanto afeta em maior proporção o comportamento das perdas totais. Explicações para tal comportamento são discutidas anteriormente em cada um dos tipos de perdas.



PT: Perdas totais. LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 5. Cartas de controle para perdas totais.

Tabela 7. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para perdas totais.

Solo	Controle (%)		Variação (%)		CV (%)	DP (kg ha ⁻¹)	\bar{X}
	Aceitável	Acima	Aceitável	Acima			
Arenoso	32,5	67,5	18,0	82,0	25,7	138,3	538,7
Médio	100	0	59,0	41,0	30,1	50,2	165,7
Argiloso	100	0	23,0	77,0	39,7	95,5	240,7

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. \bar{X} : média.

As diferenças entre os solos para as perdas totais demonstram a operação de arranquio mecanizado no solo Arenoso como a mais crítica, devido às condições do solo e das vagens encontradas e possíveis erros de regulagens ou regulagens mal realizadas. O solo Argiloso, mesmo sendo uma classe de solo de estrutura mais firme e coesa e a operação sendo realizada com um arrancador duplo, apresentou

comportamento de qualidade aceitável e quantidade de perdas totais não muito distante do solo Médio, o qual, por possuir características favoráveis (menos de 20% de argila) e apresentar no momento do arranquio condições boas e homogêneas com relação aos teores de água de solo e vagens, obteve o menor valor de perdas totais e maior qualidade da operação.

Considerando as produtividades de vagens para cada classe textural de solo observa-se porcentagem das perdas totais com relação às produtividades de 10,2%, 3,3% e 4,4% para os solos Arenoso, Médio e Argiloso, respectivamente. Valores esses considerados baixos levando em consideração estudos que apontam perdas que variam de 3,1 a 47,1%, nos diversos trabalhos encontrados na bibliografia (SANTOS et al., 2013; ZERBATO et al., 2014).

Os coeficientes de variação obtidos dos tipos de perdas (visíveis, invisíveis e totais) para as três classes texturais de solo foram considerados normais, pois Silva (2010) encontraram valores muito altos para o coeficiente de variação para perdas no arranquio de amendoim no estado de São Paulo. Em trabalho realizado avaliando a variabilidade das perdas no arranquio mecanizado de amendoim, o mesmo autor relatou que outros trabalhos atingiram coeficientes de variação de até 136 %, o que mostra que no presente trabalho os coeficientes obtidos não foram tão altos comparados com a mesma análise de outros trabalhos, portanto mantendo um padrão de qualidade.

4. Conclusões

O solo Arenoso, mesmo sendo o recomendado para o cultivo do amendoim, apresentou teor de água do solo e das vagens fora dos padrões ideais e estipulados, atendendo pouco às especificações, o que refletiu em maiores valores de perdas e maior variabilidade do processo, portanto, menor qualidade da operação de arranquio.

Características físicas e texturais do solo Médio juntamente com a homogeneidade das condições dos teores de água encontradas no momento do arranquio acarretaram em menores perdas e variação do processo, atendendo à grande parte das especificações, refletindo em maior qualidade.

O solo Argiloso atendeu bem às especificações, obtendo menor qualidade que solo Médio apenas por diferenças de variabilidade, porém não desqualificado.

5. Referências Bibliográficas

BRAGACHINI, M.E.; PEIRETTI, J. **Mejoras en la Eficiencia de Cosecha de Maní**. Gacetilla de Prensa: 09/2008 – Marzo 2008. Disponível em: http://www.cosechaypostcosecha.org/data/gacetillas/2008/20080319_maní.asp.

Acesso em 02 jan.2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de Sementes**. Brasília, 395p. 2009.

BUOL S. W.; SOUTHARD R. J.; GRAHAM R. C.; MCDANIEL P. A. Morphology and compositions of soils. In: Buol SW, Southard RJ, Graham RC, McDaniel PA (eds) **Soil genesis and classification**. 6rd edn. Wiley-Blackwell, Oxford, pp 35-88, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1997. 212p.

HESSLER, C.V.; CAMARGO, M.E.; DORION, E. Application control charts for analysis of quality in industrial painting. In: 39th International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE39). **Proceedings...**, Troyes : IEEE Xplore, 2009. v.1. p.1330-1334.

INCE, A.; GUZEL, E. Effects of gynophore breaking resistance on losses in mechanized peanut harvesting. In: International Conference on Crop Harvesting and Processing, 2003, Louisville. **ASAE Publication Number 701P1103e**, ed. Graeme Quick. 2003.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 6º Ed. Nova York: John Wiley and Sons, 2009, p. 06.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**: Legenda Expandida. Campinas: IAC, 1999.

PEEL, M.; FINLAYSON, B.; MCMAHON, T. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrol Earth Syst Sc.**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

SANTOS, E. P.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; BERTONHA, R. S.; MEDEIROS, R. S. Perdas na colheita mecanizada de amendoim. In: Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola, 9, 2010. **Anais...**, Vitória: SBEA, 2010.

SANTOS, E. P.; SILVA, R. P.; BERTONHA, R. S.; NORONHA, R. H. F.; ZERBATO, C. Produtividade e perdas de amendoim em cinco diferentes datas de arranquio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 695-702, 2013.

SEGATO, S.V.; PENARIOL, A.L. A cultura do amendoim em áreas de reforma de canavial. In: Segato, S. V.; Fernandes, C.; Pinto, A.S. **Expansão e Renovação de Canavial**. Piracicaba: Editora CP 2, 2007, p 85-116.

SILVA, R. P. (2010). **Variabilidade das perdas no arranquio mecanizado de amendoim**. 2010.134f. Tese (Livre Docência em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

WILLIAMS, E. J.; DREXLER, J. S. A non destructive method for determining peanut pod maturity. **Peanut Science**, v. 8, n. 2, p. 134-141, 1981.

ZERBATO, C.; SILVA, V. F. A.; TORRES, L. S.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Peanut mechanized digging regarding to plant population and soil water level. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.459–465, 2014.

CAPÍTULO 4 - Qualidade da semeadura e arranquio mecanizados de amendoim com uso do piloto automático

Resumo - O direcionamento automático de máquinas agrícolas via sinal GNSS tem sido adotado cada vez mais pela comunidade agrícola na última década por causa dos ganhos proporcionados. Produtores de amendoim estão adotando tal tecnologia a fim de melhorar o paralelismo das operações face às dificuldades principalmente encontradas no arranquio mecanizado, onde as perdas são, todavia, um grande problema. Objetivou-se avaliar as operações de semeadura e arranquio mecanizado de amendoim operado manualmente e com piloto automático, juntamente com a qualidade das operações. O experimento foi realizado em solo de textura média, sob delineamento inteiramente casualizado disposto em faixas, utilizando-se das variáveis analisadas como indicadores de qualidade. Na semeadura foi avaliado o paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora em 120 pontos de cada sistema (direcionamento manual e automático). No arranquio foram avaliadas as perdas nos dois sistemas de direcionamento e duas velocidades de deslocamento (4,5 e 6,0 km h⁻¹), em 15 pontos de cada tratamento. Verificou-se que o paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora foi melhor quando se utilizou do piloto automático, além da maior qualidade da operação. A velocidade de deslocamento não influenciou as perdas no arranquio. Não houve diferenças nas perdas visíveis, porém quando realizado com piloto automático obteve maior qualidade. Menores perdas invisíveis e totais foram obtidas quando o arranquio foi realizado com direcionamento automático, sendo a qualidade superior principalmente na velocidade de 4,5 km h⁻¹, porém quando operado manualmente a qualidade foi afetada negativamente. O uso do piloto automático se mostrou eficaz na precisão e qualidade das operações.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., controle estatístico de processos, RTK, paralelismo, perdas.

1. Introdução

Ao longo das duas últimas décadas, as oportunidades para a gestão precisa de operações na agricultura têm aumentado devido à disponibilidade de novas

tecnologias, a exemplo dos sistemas GNSS (Sistema de Navegação Global via Satélites) (PEREZ-RUIZ et al., 2011). A rápida adoção dessa tecnologia na agricultura, especialmente em sistemas automatizados de direção do trator, é motivada por uma série de fatores, nos quais se inclui o paralelismo correto na implantação da cultura e diminuição de perdas na colheita.

Dentre os diferentes métodos de posicionamento GNSS, pode-se citar o posicionamento relativo cinemático em tempo real - RTK (Real Time Kinematic), que é o método que possibilita qualidade na determinação da posição na ordem de centímetros (BAIO e MORATELLI, 2011). A vantagem dos sistemas de direcionamento automático é a redução de erros entre as passadas pela substituição do operador no direcionamento durante as operações mecanizadas.

O pleno benefício do posicionamento RTK aliado ao direcionamento automático em máquinas agrícolas ocorre quando é realizado em todas as operações de campo, a partir de preparo inicial do solo até a colheita. A viabilidade destas tecnologias no processo de semeadura está na capacidade de georreferenciar linhas de semeadura e posteriormente, direcionar precisamente outras operações, como exemplo a colheita (SUN et al., 2010).

Para a cultura do amendoim essa tecnologia se torna ainda mais importante, pois além da possibilidade de diminuir o erro de paralelismo na semeadura mantendo o espaçamento entre linhas adequado, pode conseqüentemente, diminuir as perdas na colheita mecanizada, devido ao correto alinhamento das facas de corte com as linhas da cultura no momento do arranquio, perdas que representam um grande problema nessa cultura, devido aos altos valores encontrados.

A partir do exposto, visando estudar a tecnologia do auto direcionamento nas operações mecanizadas da cultura do amendoim, objetivou-se avaliar o paralelismo da semeadura mecanizada de amendoim com e sem a utilização de piloto automático e as perdas no arranquio mecanizado em velocidades de deslocamento utilizando ou não o direcionamento automático, assim como a qualidade dessas operações.

2. Material e Métodos

O estudo foi conduzido na unidade de mapeamento PVA2, classificada como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico, abrupto, A moderado, relevo suave ondulado e ondulado (OLIVEIRA et al. 1999). De acordo com análise realizada no Laboratório de Solos da UNESP/Jaboticabal, sua classe textural é média. A área experimental pertencia à propriedade agrícola no município de Dobrada, estado de São Paulo (Brasil) próximo às coordenadas geodésicas 21°23'16" S e 48°24'33" W, 565 m de altitude, relevo suave ondulado e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007).

Tanto para a realização da semeadura quanto para o arranquio foi utilizado direcionamento automático do trator por meio de piloto hidráulico com navegação via satélite (posicionamento cinemático em tempo real, RTK). O sinal de correção RTK foi enviado via rádio UHF, emitido por uma base fixa instalada numa torre. O receptor utilizado na estação base foi da marca Topcon, modelo System 150. No trator utilizou-se receptor também da marca Topcon, modelo AGI-3 conectado ao monitor GX-45. O projeto de semeadura foi confeccionado utilizando-se o software Auto-CAD R14 (Figura 1). Esse projeto foi realizado a partir da área útil de trabalho da semeadora, com as linhas do direcionamento automático espaçadas 3,60 m (pois cada passada possui 4 fileiras de semeadura de 0,90 m de espaçamento). A partir deste projeto, foi elaborado o projeto para a realização do arranquio, com área útil de trabalho do arrancador de 1,80 m (2 fileiras arrancadas).

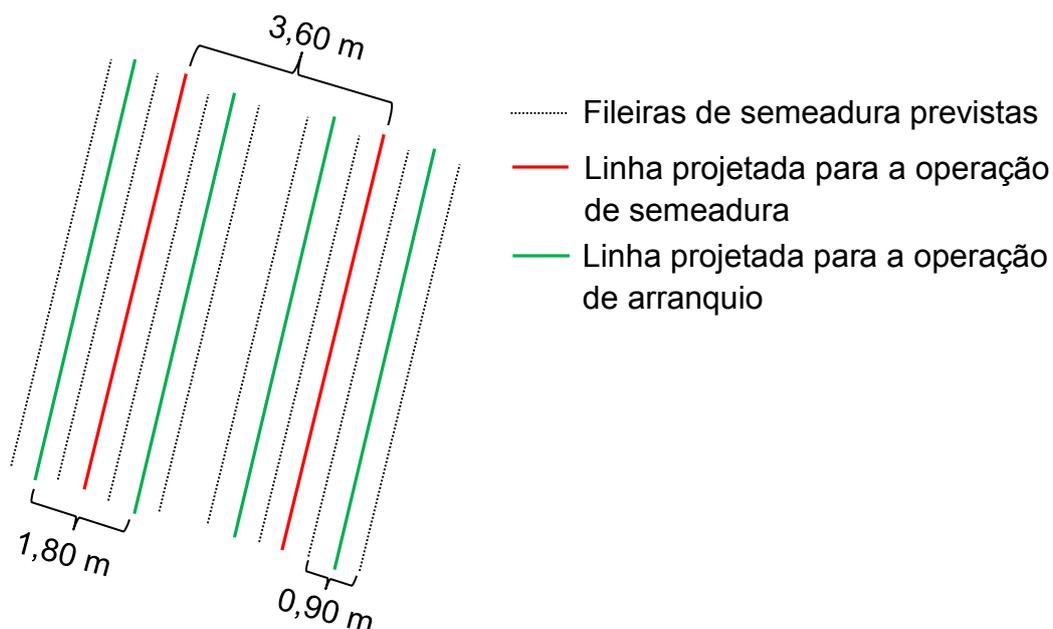


Figura 1. Modelo do projeto em Auto-CAD para o direcionamento automático.

Nas operações feitas manualmente foi utilizado o marcador de linhas da semeadora, e no arranquio a própria visão do operador para se direcionar nas linhas da cultura.

Na semeadura o solo apresentava teor de água de 15,8 % conforme método padrão gravimétrico recomendado por Buol et al. (2011). O solo foi preparado pelo método convencional (uma aração e duas gradagens). As sementes de amendoim utilizadas foi do cultivar Granoleico, espaçamento entre fileiras de 0,90 m, densidade de semeadura de 20 sementes m^{-1} , profundidade de semeadura de 0,06 m, utilizando um trator da marca Massey Ferguson, modelo 7150, 4x2 TDA, com 110 kW (150 cv) no motor na rotação nominal, operando na marcha 2ª A com 2000 rpm no motor e velocidade de deslocamento de 6,3 $km\ h^{-1}$ e semeadora-adubadora pneumática da marca PHT3 Suprema, com discos duplos desencontrados para deposição das sementes e para a abertura do sulco de deposição do adubo e rodas compactadoras duplas em “V”, operando na regulagem de 4 fileiras de semeadura.

O arranquio foi realizado aos 130 dias após a semeadura, apresentava maturação de 69% de acordo com análise seguindo a metodologia de Williams e Drexler (1981), produtividade de vagens de 5150 $kg\ ha^{-1}$, seguindo a metodologia de Silva e Mahl (2008), teor de água do solo de 11,0 % (BUOL et al., 2011) e teor de

água das vagens de 29,3 % (BRASIL, 2009). Foi utilizado o mesmo trator que na semeadura, operando nas marchas 3ª A (4,5 km h⁻¹) e 3ª B (6,0 km h⁻¹), com 1500 rpm no motor (recomendação do fabricante do arrancador), e arrancador-invertedor montado, marca Santal, modelo AIA2, (colhe 2 fileiras formando 1 leira), com largura de trabalho de 1,8 m e profundidade de trabalho de 0,15 m.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo os dados coletados em faixas. Na semeadura, em um total de 240 pontos foram coletados 120 quando utilizando o piloto automático e 120 quando operado manualmente, espaçados 50 m, atentando-se que metade dos pontos fosse coletada em um sentido de deslocamento do conjunto trator-semeadora e metade no outro para maior casualização.

No arranquio os tratamentos foram dispostos na utilização ou não do piloto automático e duas velocidades de deslocamento (4,5 e 6,0 km h⁻¹). Foram coletados 15 pontos de cada tratamento (fatorial 2x2), espaçados 50 m, sob delineamento inteiramente casualizado, totalizando 60 pontos amostrais.

O paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora foi avaliado medindo-se o espaçamento entre elas, com ajuda de uma régua com resolução em centímetros (Figura 2).

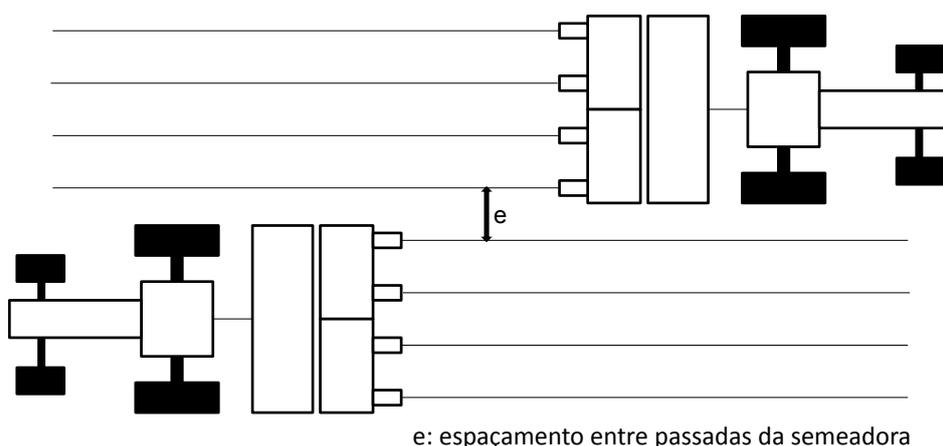


Figura 2. Avaliação do paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora.

Para o arranquio mecanizado foram avaliadas as perdas que são classificadas de acordo com a denominação proposta por Silva e Mahl (2008) em

visíveis (acima do solo), invisíveis (abaixo do solo) e totais, que correspondem à soma das perdas visíveis e invisíveis.

Para a determinação das perdas visíveis no arranquio (PV), foram coletadas todas as vagens e sementes de amendoim encontradas na superfície do solo após a operação de arranquio. Para coletar esse material a leira foi cuidadosamente retirada, colocando-se neste local a armação metálica de 2 m². Após a coleta, as vagens foram acondicionadas em sacos de papel e tiveram a massa mensurada em balança digital com resolução de 0,01 g. Em seguida, foram colocadas em estufa elétrica, a 105 ± 3°C, por 24 h (Brasil, 2009), e após a secagem, determinou-se novamente a massa das vagens, obtendo-se os valores de perdas que foram extrapolados para quilogramas por hectare, após correção para 8% de teor de água.

A determinação das perdas invisíveis no arranquio (PI) foi realizada no mesmo local de avaliação das perdas visíveis, coletando-se as vagens e sementes de amendoim encontradas abaixo da superfície do solo. Utilizou-se a mesma armação anteriormente citada e, com auxílio de um enxadão, foi retirado e peneirado o solo contido dentro da armação, sendo coletadas manualmente as vagens localizadas até a profundidade de 0,15 m, seguindo-se o mesmo procedimento descrito para as perdas visíveis. A profundidade de 0,15 m representa a profundidade de trabalho do arrancador-invertedor.

As perdas totais no arranquio (PT) foram determinadas por meio da soma das perdas visíveis e invisíveis.

Para a análise dos dados realizou-se a análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste F de Snedecor, com nível de significância de 5%, para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas.

Com relação à qualidade da operação os resultados foram analisados por meio do controle estatístico de processos (CEP), ferramenta com base estatística, de auxílio ao controle de qualidade das etapas de um processo. Foram utilizadas como ferramentas de avaliação as cartas de controle por variáveis e os gráficos sequenciais, a fim de identificar causas de instabilidade não inerentes ao processo consideradas críticas. Essas cartas possuem linhas centrais (média geral e amplitude média), bem como os 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).

Para análise das cartas de controle, utilizou-se do teste do “*Automotive Industry Action Group (AIAG)*”, que gera os erros correspondentes de cada variável. Apesar de o teste permitir a geração de vários tipos de erros, neste trabalho considerou-se somente o erro do “Tipo 1”, que considera como fora dos limites de controle, todo e qualquer ponto maior que o LSC ou menor que o LIC.

Além dos limites de controle estatísticos foram estipulados limites específicos de acordo com a qualidade desejada, são eles: LESC: limite específico superior de controle; LEIC: limite específico inferior de controle e LEV: limite específico de variação, sendo os dois primeiros apresentados na carta de valores individuais e este último na carta de amplitude móvel. Tais limites para cada variável foram:

- Paralelismo entre passadas: LEIC: 85 cm; LESC: 95 cm, LEV: 10 cm.
- Perdas visíveis no arranquio: LEIC: nulo (desejável que não haja perdas); LESC: 150 kg ha⁻¹ (aproximadamente 3% da produtividade); LEV: 30 kg ha⁻¹.
- Perdas invisíveis no arranquio: LESC: 350 kg ha⁻¹ (aproximadamente 7 % da produtividade); LEV: 40 kg ha⁻¹.
- Perdas totais no arranquio: LESC: 500 kg ha⁻¹ (aproximadamente 10% da produtividade); LEV: 50 kg ha⁻¹.

3. Resultados e Discussão

3.1 Semeadura mecanizada

Houve diferença entre os tratamentos no paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora (Tabela 1), em que quando se utilizou direcionamento via piloto automático o espaçamento entre as passadas ficou mais próximo do regulado e recomendado para o espaçamento do amendoim rasteiro, que é de 0,90 m (GODOY et al., 2014).

Tabela 1. Teste de médias para paralelismo entre passadas.

Tratamentos	Paralelismo (cm)
Manual	100,1 b
Piloto automático	90,6 a
Teste de F	125,1*
DMS	1,6

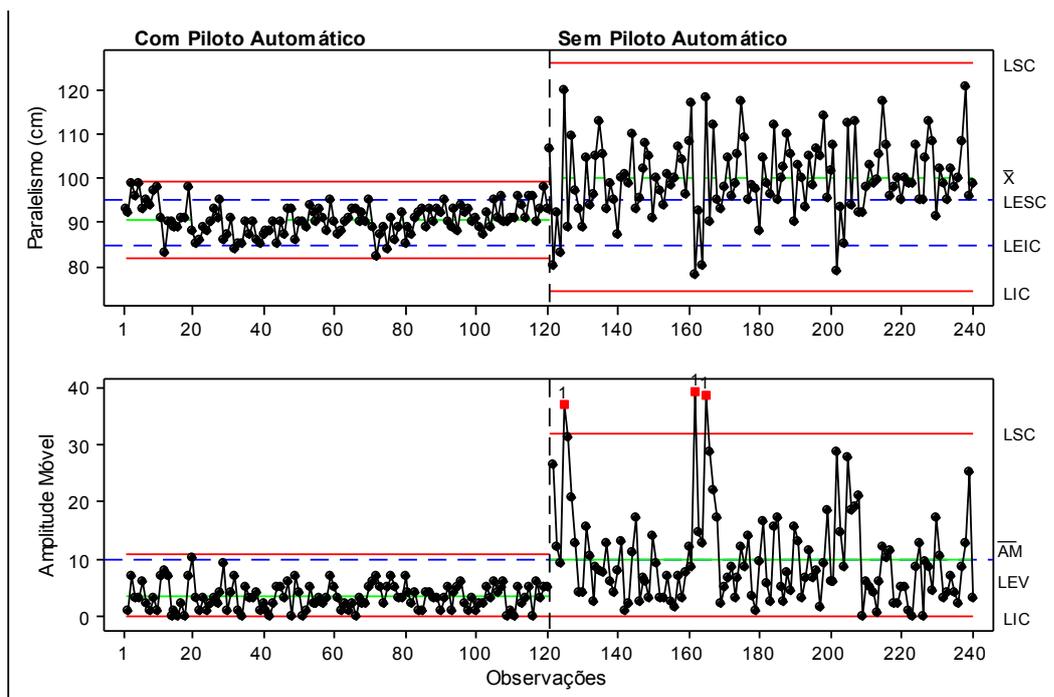
* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quando se utilizou do direcionamento manual realizado pelo operador observou-se um aumento de 9,44 cm em média no espaçamento comparado ao direcionamento por piloto automático, o que significa que além de o espaçamento estar incorreto ainda há diminuição da área semeada quando operado manualmente. Observa-se também, que em alguns pontos o espaçamento foi inferior ao desejado, podendo refletir, neste caso, em competição entre as plantas.

Sendo o espaçamento ideal de 90 cm e considerando a área útil da semeadora de 3,6 m, verifica-se um erro médio de 0,61 cm quando direcionado via piloto automático e 10,05 cm quando operado manualmente. Em estudos semelhantes, Baio e Moratelli (2011) relataram que o erro de paralelismo para a operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar, apresentou acurácia de 3,30 cm. Já Voltarelli et al. (2013) encontraram valores de até 4,88 cm de erro utilizando piloto no plantio de cana-de-açúcar, sendo a área útil de trabalho de 3,0 m (duas fileiras de plantio de 1,5 m cada). Ainda, Oliveira e Molin (2011) encontraram erro médio no transplântio de mudas de citros (7 m de espaçamento entre fileiras) de 4 cm com piloto automático e de 8 cm quando manualmente. Silva et al. (2014) em transplântio de mudas de citros com piloto automático (3,5 m de espaçamento entre fileiras) encontraram erro médio de paralelismo de 5 cm.

Considerando a importância dos ganhos advindos pela melhor orientação via piloto automático, Holpp (2007) analisou o uso do sistema de orientação automática em sistema de produção de cereais e observou redução no uso de sementes, defensivos e fertilizantes, resultando em potenciais economias por hectare ao ano.

Com relação à qualidade dos dois sistemas, verifica-se que o paralelismo quando direcionado com piloto automático se manteve estável (Figura 3), ou seja, sob controle estatístico, indicando que a variabilidade existente para esta variável pode ser atribuída apenas a causas comuns (aleatórias) do processo de semeadura, ou seja, é intrínseca ao processo.



LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEIC: Limite específico inferior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 3. Cartas de controle para paralelismo entre passadas do conjunto trator-semeadora.

A semeadura operada manualmente apresentou pontos na carta de amplitude móvel que ultrapassaram o limite superior de controle, devido à alta variabilidade dos dados coletados. Este fato demonstra a instabilidade do processo, devido a causas especiais, que podem ser explicadas devido à ocorrência de um ou mais dos fatores “6 M’s” (matéria-prima, mão de obra, método, máquina, medição e meio ambiente). Neste caso, erros de direcionamento do operado (fator mão-de-obra) tanto quanto marcadores de linhas mal regulados da semeadora (fator máquina)

podem ter causado tal instabilidade, deixando o processo fora de controle e, portanto com a qualidade afetada.

A melhor qualidade do sistema piloto automático é ainda reforçada quando se observa os valores aceitáveis dentro dos limites específicos estipulados (Tabela 2), em que a maior parte dos pontos encontra-se dentro dos limites específicos de controle (LESC e LEIC) e a totalidade dentro do limite específico de variação (LEV), além dos menores coeficientes de variação, desvio padrão e amplitude, ou seja, menor variabilidade, maior qualidade.

Tabela 2. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para paralelismo entre passadas do conjunto trator-semeadora.

Maneira	Controle (%)			Variação (%)		CV (%)	DP (cm)	A
	Aceitável	Acima	Abaixo	Aceitável	Acima			
Com Piloto	87,50	9,17	3,33	100	0	3,87	3,50	17,00
Sem Piloto	30	85	5,00	65,55	34,35	8,55	8,56	43,00

CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. A: Amplitude.

A operação manual, além da instabilidade apresentada, obteve a maioria dos pontos acima do limite superior especificado, e grande variabilidade demonstrada pela alta distância entre os limites superiores e inferiores de controle estatístico, e alta amplitude, portanto baixa qualidade.

Outros pesquisadores também utilizaram as cartas de controle para avaliar a qualidade de paralelismos realizados por piloto automático, as quais foram eficazes na detecção de pontos críticos e fatores especiais que afetam a eficiência da operação (SILVA et al., 2014; VOLTARELLI et al., 2013).

3.2 Arranquio mecanizado

Observa-se que nenhum tipo de perdas foi alterado pelas velocidades de deslocamento (Tabela 3), ou seja, independe da velocidade utilizada. Como a capacidade de campo efetiva depende da largura útil de trabalho (que neste caso é

fixa) e da velocidade de deslocamento, o recomendado seria operar na maior velocidade (6 km h^{-1}) o que aumentaria a área trabalhada ao longo do tempo sem alteração dos valores das perdas.

Tabela 3. Teste de médias para perdas visíveis (PV), invisíveis (PI) e totais (PT) no arranquio.

Tratamentos	PV (kg ha ⁻¹)	PI (kg ha ⁻¹)	PT (kg ha ⁻¹)
Sistemas (S)			
Com Piloto	97,82	100,38 a	198,20 a
Sem Piloto	112,28	133,81 b	246,09 b
Velocidades (V)			
4,5 km h ⁻¹	109,95	130,17	240,12
6,0 km h ⁻¹	100,15	104,02	204,17
Teste de F			
S	1,810 ^{ns}	4,357*	5,588*
V	0,833 ^{ns}	2,668 ^{ns}	3,153 ^{ns}
S x V	0,012 ^{ns}	1,665 ^{ns}	0,928 ^{ns}
DMS	21,53	32,08	40,87

^{ns} não significativo. * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em estudo realizado por Jorge (2008) em solo arenoso, as velocidades na operação de arranquio também não interferiram na ocorrência de perdas visíveis, invisíveis e totais, operando nas velocidades de 3,6, 5,5 e 7,2 km h⁻¹. No mesmo sentido, Silva et al. (2009) trabalharam com duas velocidades de deslocamento (4,3 e 5,0 km h⁻¹) e concluíram que as velocidades de arranquio também não influenciaram os tipos de perdas na colheita de amendoim em solo argiloso.

As perdas visíveis não demonstraram diferença significativa para os tratamentos avaliados, portanto, a operação realizada com piloto automático ou manualmente em qualquer velocidade utilizada não altera os valores de perdas visíveis no arranquio do amendoim.

Diferentemente das perdas visíveis, a operação com o uso do piloto automático proporcionou menores perdas invisíveis e conseqüentemente as totais, com redução de 24,9% e 19,4% das perdas invisíveis e totais, respectivamente. Isto indica que a utilização do direcionamento automático foi eficaz para diminuição das perdas invisíveis, podendo-se operar com a maior velocidade pelo motivo de a mesma não afetar as perdas, assim aumentando a capacidade operacional.

Este resultado indica que o uso do piloto automático foi eficiente no alinhamento do arrancador-invertedor com as linhas da cultura, direcionando as facas de corte em posição mais correta que quando o conjunto é direcionado manualmente pelo operador, já que são as que atuam diretamente no solo e tem a função de promover o corte das raízes pivotantes das plantas de amendoim e as arrancam do solo. Portanto o direcionamento automático proporciona melhor alinhamento e inversão das plantas com o corte da raiz principal, deixando menores quantidades de vagens sob o solo devido ao corte paralelo com as linhas da cultura, diminuindo então as perdas invisíveis e conseqüentemente as totais, o qual é a soma das perdas visíveis com as invisíveis.

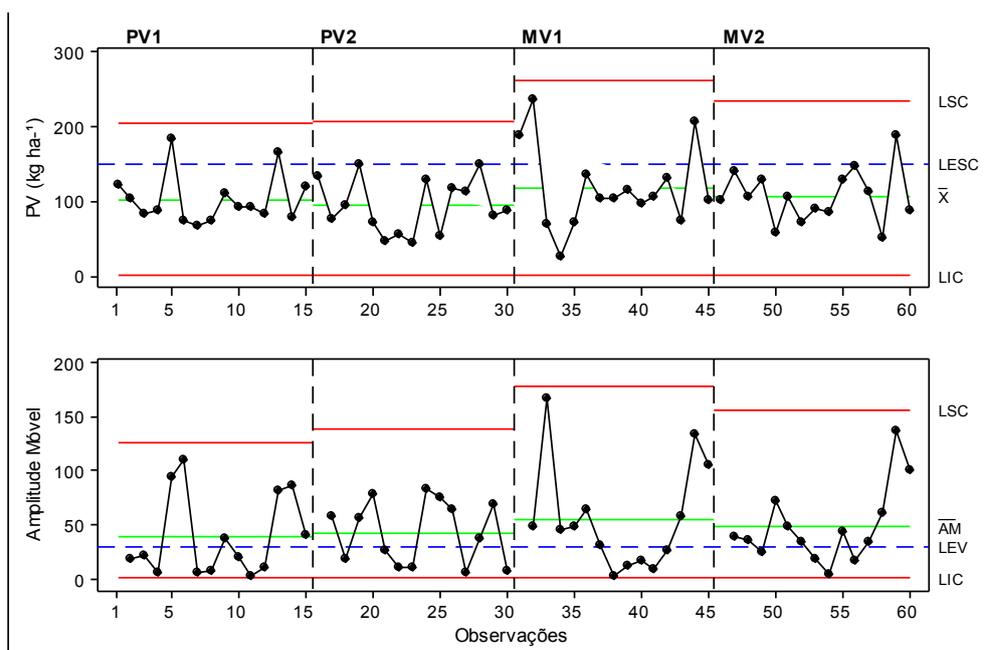
Ortiz et al. (2013), trabalhando em solo preparado convencionalmente nos Estados Unidos, verificaram maior precisão utilizando piloto automático no arranquio de amendoim, sendo o arranquio realizado no centro das fileiras, minimizando desvios da linha e proporcionando menores perdas e conseqüentemente maior retorno financeiro. Ainda encontraram que desvios na linha de arranquio de 18 cm quando operado manualmente proporcionaram perdas de até 49% na produtividade das vagens comparado com o uso do piloto automático. Frisam ainda que a utilização do piloto automático utilizando correção RTK em condições de seca, como é o caso do presente trabalho (11 % de teor de água do solo no momento do arranquio) são ainda mais eficientes para evitar as perdas.

Vellidis et al. (2013), em solo arenoso dos Estados Unidos, também encontraram menores perdas no arranquio mecanizado de amendoim utilizando piloto automático na operação, corroborando com o presente trabalho. Tanto em condições de baixa curvatura quanto de média e de alta curvatura o direcionamento automático favoreceu menores perdas. Afirmam ainda que pelo motivo de o amendoim apresentar um dossel sólido e totalmente verde no momento da colheita,

o operador humano tem dificuldade de alinhar o trator com o eixo longitudinal da cultura, enquanto que o direcionamento automático desvia da linha central a menos de 2,5 cm, o que favorece a diminuição das perdas. Concluem ainda que uso do piloto baseado em correção RTK para semear e arrancar amendoim resulta em ganhos substanciais de produtividade e retornos econômicos associados.

Devido a isso, os observadores da indústria de amendoim relatam que o direcionamento automático está rapidamente se tornando uma ferramenta essencial para os agricultores no sudeste dos EUA que incluem amendoim em sua rotação de culturas (LEIDNER, 2012).

Com relação à qualidade da operação, verifica-se que para perdas visíveis todos os tratamentos se mantiveram estáveis, sob controle estatístico de processos (Figura 4), sendo a diferença de qualidade entre os tratamentos devido às distintas variações obtidas.



PV1: Piloto na velocidade de 4,5 km h⁻¹. PV2: Piloto na velocidade de 6,0 km h⁻¹. MV1: Manual na velocidade de 4,5 km h⁻¹. MV2: Manual na velocidade de 6,0 km h⁻¹ LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 4. Cartas de controle para perdas visíveis no arranquio.

Observam-se resultados semelhantes das velocidades de deslocamento dentro de cada sistema de direcionamento, ou seja, a qualidade se mantém dentro de cada

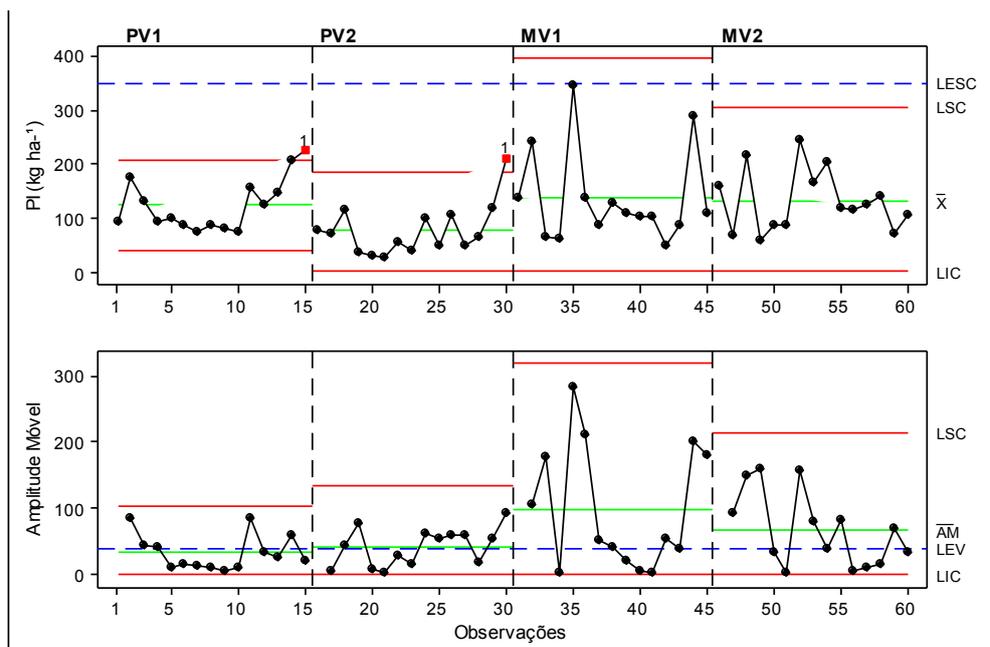
sistema de direcionamento com a alteração da velocidade. Entretanto verifica-se que quando utilizado o piloto automático, independente da velocidade, a qualidade foi superior, devido a menor distância entre os limites inferiores e superiores de controle estatístico, tanto na carta de valores individuais quanto na de amplitude móvel. Essa maior qualidade é ainda reforçada quando se observa maiores valores dentro do limite de variação aceitável (Tabela 4), além de menor desvio padrão e amplitude, portanto menor variabilidade das perdas visíveis quando a operação é realizada com direcionamento automático.

Tabela 4. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para perdas visíveis no arranquio.

Tratamentos	Controle (%)		Variação (%)		CV (%)	DP (kg ha ⁻¹)	A
	Aceitável	Acima	Aceitável	Acima			
PV1	86,66	13,34	57,14	42,86	32,85	33,56	115,75
PV2	100	0	42,86	57,14	39,32	36,77	105,55
MV1	85,71	14,29	35,71	64,29	47,67	56,10	212,00
MV2	93,33	6,67	28,57	71,43	33,79	36,09	137,50

PV1: Piloto na velocidade de 4,5 km h⁻¹. PV2: Piloto na velocidade de 6,0 km h⁻¹. MV1: Manual na velocidade de 4,5 km h⁻¹. MV2: Manual na velocidade de 6,0 km h⁻¹. CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. A: Amplitude.

As perdas invisíveis obtiveram resultado semelhante às perdas visíveis com relação à qualidade (variabilidade). A diferença é que quando utilizado o piloto automático aparecem, nas duas velocidades avaliadas, um ponto fora de controle (Figura 5), causando a instabilidade. A não aleatoriedade ocorrida pode ser justificada por esses pontos fora dos limites de controle serem considerados como pontos atípicos ou discrepantes denominados por Toledo et al. (2008) como “*outliers*”. Estes “*outliers*” são pontos incomuns que se apresentam distantes das demais observações, afastados da média podendo estar acima ou abaixo da mesma, podendo ser potencialmente considerados como valores que não representam o verdadeiro comportamento do conjunto de dados, já que ocorrem somente uma única vez.



PV1: Piloto na velocidade de 4,5 km h⁻¹. PV2: Piloto na velocidade de 6,0 km h⁻¹. MV1: Manual na velocidade de 4,5 km h⁻¹. MV2: Manual na velocidade de 6,0 km h⁻¹ LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 5. Cartas de controle para perdas invisíveis no arranquio.

Apesar da instabilidade apresentada, todos os pontos ficaram dentro do limite específico superior de controle (LESC) (Tabela 5), portanto todos os tratamentos mantiveram um padrão de qualidade. Pelas menores distâncias entre os limites de controle estatísticos (LSC e LIC) apresentados nos tratamentos utilizados com o piloto automático (Figura 5), semelhantemente às perdas visíveis, as perdas invisíveis também indicaram melhor qualidade.

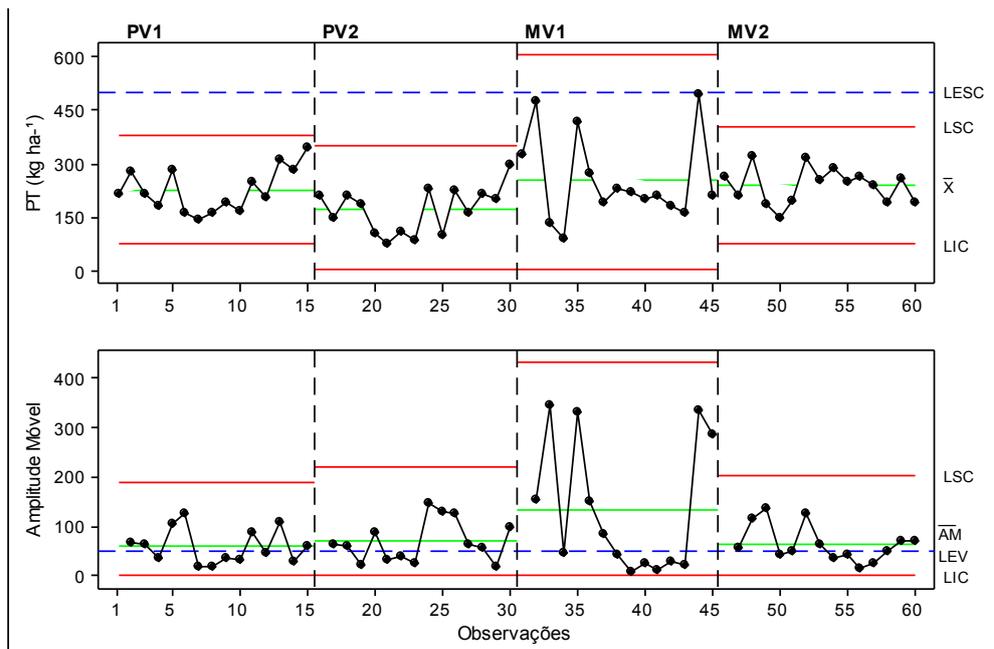
Dentre as velocidades avaliadas com o piloto automático, atenta-se que a menor velocidade (4,5 km h⁻¹) apresentou a maior parte dos dados dentro do limite aceitável de variação e menores coeficiente de variação, desvio padrão e amplitude (Tabela 5), portanto menor variabilidade e melhor qualidade.

Tabela 5. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para perdas invisíveis no arranquio.

Tratamentos	Controle (%)		Variação (%)		CV (%)	DP (kg ha ⁻¹)	A
	Aceitável	Acima	Aceitável	Acima			
PV1	100	0	71,43	28,57	39,41	48,00	151,30
PV2	100	0	42,86	57,14	62,33	48,80	182,60
MV1	100	0	35,71	64,29	63,39	86,60	296,30
MV2	100	0	50,00	50,00	43,23	56,60	187,50

PV1: Piloto na velocidade de 4,5 km h⁻¹. PV2: Piloto na velocidade de 6,0 km h⁻¹. MV1: Manual na velocidade de 4,5 km h⁻¹. MV2: Manual na velocidade de 6,0 km h⁻¹. CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. A: Amplitude.

Pelo motivo de as perdas totais serem a somatória das perdas visíveis com as invisíveis, a qualidade obtida por meio da variabilidade se manteve padrão. Verifica-se que o processo se manteve sob controle (Figura 6), indicando que a variabilidade existente pode ser atribuída apenas a causas comuns (aleatórias) do processo de semeadura, ou seja, é intrínseca ao processo. Este fato demonstra, sob a ótica do controle de qualidade, que tanto o sistema quanto a velocidade utilizada, foram capazes de manter um padrão adequado de qualidade, a qual se difere de acordo com as variabilidades obtidas de cada tratamento.



PV1: Piloto na velocidade de 4,5 km h⁻¹. PV2: Piloto na velocidade de 6,0 km h⁻¹. MV1: Manual na velocidade de 4,5 km h⁻¹. MV2: Manual na velocidade de 6,0 km h⁻¹ LSC: Limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. LESC: Limite específico superior de controle. LEV: Limite específico de variação. \bar{X} : média. \overline{AM} : média da amplitude móvel.

Figura 6. Cartas de controle para perdas totais no arranquio.

Todos os pontos ficaram dentro do limite de perdas especificado (Tabela 6), porém observa-se que quando operado manualmente na velocidade de 4,5 km h⁻¹ os limites de controle estatísticos foram mais distantes, seguindo o mesmo comportamento acontecido nas perdas visíveis e invisíveis, devido ao alto desvio padrão e amplitude, causando maior variabilidade, e, portanto o de menor qualidade dentre os tratamentos.

Tabela 6. Porcentagem de pontos dentro dos limites especificados para perdas totais no arranquio.

Tratamentos	Controle (%)		Variação (%)		CV (%)	DP (kg ha ⁻¹)	A
	Aceitável	Acima	Aceitável	Acima			
PV1	100	0	50,00	50,00	27,65	62,50	200,50
PV2	100	0	35,71	64,29	38,26	65,20	225,20
MV1	100	0	50,00	50,00	48,09	122,30	407,80
MV2	100	0	57,14	42,86	21,25	50,50	174,40

PV1: Piloto na velocidade de 4,5 km h⁻¹. PV2: Piloto na velocidade de 6,0 km h⁻¹. MV1: Manual na velocidade de 4,5 km h⁻¹. MV2: Manual na velocidade de 6,0 km h⁻¹. CV: Coeficiente de variação. DP: Desvio padrão. A: Amplitude.

Observa-se que os outros três tratamentos (PV1, PV2 e MV2) mantiveram padrões de qualidade semelhantes, com as distâncias entre os limites de controle estatístico próximas (Figura 6), e com todos os índices indicadores de qualidade calculados estando próximos (Tabela 6).

As médias das perdas totais dos tratamentos variaram de 3,3% a 4,9% da produtividade, com amplitude variando de um ponto de mínimo de 1,4% a um ponto de máximo de 9,6% da produtividade. Valores considerados baixos comparados a trabalhos existentes no Brasil que apontam a operação de arranquio mecanizado como aquela na qual as perdas são mais elevadas e registram, nesta operação, perdas que variam de 3,1 a 47,1% da produtividade (SILVA, 2010), e comparados também a trabalhos norte-americanos, onde as perdas no arranquio podem variar de 15 a 30 % da produtividade potencial do amendoim (ORTIZ et al. 2013).

Em síntese, a partir dos resultados obtidos, apresentando melhores resultados e qualidade dos indicadores avaliados, corroborando com trabalhos nacionais e internacionais, o uso do piloto automático tanto na semeadura quanto na colheita mecanizada de amendoim mostra-se ser uma ferramenta importante para a correta implantação da cultura, menores perdas na colheita e melhora a qualidade das operações mecanizadas.

4. Conclusões

O paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora se mostrou mais preciso e próximo ao regulado quando se utilizou do piloto automático, aliado a melhor qualidade da operação.

No arranquio, a maior velocidade deve ser utilizada, pois não afetou as perdas.

As perdas visíveis não se diferenciaram com relação ao sistema de direcionamento, ou seja, operado com direção automática ou manual as perdas visíveis foram as mesmas, porém quando realizado com piloto automático se mostraram mais homogêneas, portanto de maior qualidade sob a óptica do controle estatístico de processos.

Menores perdas invisíveis e totais foram obtidas quando o arranquio foi realizado com direcionamento automático, sendo que, quando utilizando o piloto automático a qualidade com relação às perdas invisíveis foi superior, principalmente na velocidade de $4,5 \text{ km h}^{-1}$, enquanto que na mesma velocidade, porém realizada manualmente, a qualidade foi inferior.

Assim, a utilização do piloto automático nas operações de semeadura e arranquio mecanizados de amendoim se mostra importante quando se deseja repetibilidade e maiores precisão e qualidade das operações.

5. Referências Bibliográficas

BAIO, F. R. R.; MORATELLI, R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.2, p.367-375, 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de Sementes**. Brasília, 395p. 2009.

BUOL S. W.; SOUTHARD R. J.; GRAHAM R. C.; MCDANIEL P. A. Morphology and compositions of soils. In: Buol S.W.; Southard R.J.; Graham R.C.; McDaniel P.A. (eds) **Soil genesis and classification**. 6rd edn. Wiley-Blackwell, Oxford, pp 35-88, 2011.

HOLPP, M. Work-economics and financial aspects of parallel guidance systems for tractors. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 16., 2007, Skiathos. **Proceedings...** Skiathos: John Stafford, 2007. 6 p.

JORGE, A. C. **Perdas no arranquio mecanizado do amendoim em função da velocidade, espaçamento entre hastes e profundidade de arranquio**, 2008. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual Maringá, Cidade Gaúcha, 2008.

LEIDNER, J. Precision Farming Payoff in Peanuts. **Southeastern Peanut Farmer**, v.50, n.5, p.10-12, 2012.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: Legenda Expandida**. Campinas: IAC, 1999.

OLIVEIRA, T. C. A.; MOLIN, J.P. Uso de piloto automático na implantação de pomares de citros. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.2, p.334-342, 2011.

ORTIZ, B. V.; BALKCOM, K. B.; DUZY, L.; VAN SANTEN, E.; HARTZOG, D. L. Evaluation of agronomic and economic benefits of using RTK-GPS-based auto-steer guidance systems for peanut digging operations. **Precision Agriculture**, v.14, p. 357-375, 2013.

PEEL, M.; FINLAYSON, B.; MCMAHON, T. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydro Earth Syst Sc.**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PEREZ-RUIZ, M.; SLAUGHTER, D. C.; GLIEVER, C.; UPADHYAYA, S. K. Tractor-based Real-time Kinematic-Global Positioning System (RTK-GPS) guidance system for geospatial mapping of row crop transplant. **Biosystems Engineering**, v. 111, p. 64-71, 2012.

SILVA, R. P.; MAHL, D. Relatório do projeto de pesquisa: Perdas na colheita mecanizada do amendoim safra 2007/2008. **Relatório de Pesquisa**. Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola – LAMMA. Jaboticabal, Nov. 2008. 47p.

SILVA, R. P.; BARROZO, L. M.; SADER, R.; SIMÕES, R. R. Perdas na colheita mecanizada de amendoim (*Arachis hipogaea* L.) em Jaboticabal - SP, Brasil. In: X Congreso Argentino de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR, 2009, Rosario. **Anais...** Rosario: Universidad Nacional de Rosario, 1, 367-370, 2009.

SILVA, R. P. (2010). **Variabilidade das perdas no arranquio mecanizado de amendoim**. 2010.134f. Tese (Livre Docência em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

SILVA, R. P.; VOLTARELLI, M. A.; CASSIA, M. T.; VIDAL, D. O.; CAVICHIOLI, F. A. Qualidade das operações de preparo reduzido do solo e transplântio mecanizado de mudas de café. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 51-60, 2014.

SUN, H.; SLAUGHTER, D. C.; PEREZ-RUIZ, M.; GLIEVER, C.; UPADHYAYA, S. K.; SMITH, R. F. RTK GPS mapping of transplanted row crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 71, p. 32-37, 2010.

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**, v. 28, n. 4, p. 710-719, 2008.

VELLIDIS, G.; ORTIZ, B.; BEASLEY, J.; HILL, R.; HENRY, H.; BRANNEN, H. Using RTK-based GPS guidance for planting and inverting peanuts. In: Stafford, J. V. (Ed.), Precision Agriculture 2013 – **Proceedings** of the 9th European Conference on Precision Agriculture (9ECPA), Lleida, Spain, 2013.

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

WILLIAMS, E. J.; DREXLER, J. S. A non destructive method for determining peanut pod maturity. **Peanut Science**, v. 8, n. 2, p. 134-141, 1981.

CAPÍTULO 5 - Considerações finais

Com base nos resultados obtidos, considerou-se que:

A qualidade da semeadura mecanizada de amendoim é afetada pela classe textural do solo, porém, a condição do teor de água do solo é fator que potencialmente causa alta variabilidade afetando a qualidade da operação. Mesmo o solo da classe textural argilosa não sendo o recomendado para a implantação da cultura do amendoim, quando em condições favoráveis fornece o ambiente necessário para a estabilização da cultura refletindo no sucesso da implantação e melhores produtividades.

Em condições não favoráveis, ou seja, com teor de água e precipitação menores na implantação, mesmo o amendoim cultivado em solos com textura dentro do recomendado a qualidade é afetada negativamente, causando alta variabilidade, portanto menor qualidade.

A correta regulagem e operação dos equipamentos utilizados para a semeadura, no caso o conjunto trator-semeadora, é imprescindível para a correta deposição das sementes ao solo, tornando o contato solo-semente apropriado para a germinação das sementes e emergência de plântulas, garantindo densidade populacional de plantas adequada, principalmente quando em solo com condições favoráveis.

No arranquio mecanizado de amendoim o teor de água do solo é um indicador extremamente importante para o desempenho da operação. Além de afetar o arranquio das vagens que se encontram em subsuperfície também atua no teor de água das vagens. Teores de água do solo menores acarretam teores de água das vagens também menores. Neste sentido, existe uma relação entre a resistência do ginóforo ao rompimento (GBR) e o teor de água do solo, sendo que quando diminui o teor de água, diminui a GBR e, conseqüentemente, aumentam as perdas totais na colheita.

Assim, mesmo o solo de classe textural arenosa recomendado para a implantação do amendoim por ser mais leve, menos coeso e de mais fácil desestruturação, facilitando o arranquio das vagens da subsuperfície do solo, foi afetado por possuir, no momento do arranquio, menores teores de água do solo e

das vagens, aumento os valores de perdas visíveis, invisíveis e, conseqüentemente as totais do arranquio.

Os solos de classes texturais média e argilosa, por possuírem as condições de teor de água mais perto das adequadas, proporcionou a operação de arranquio mais bem realizada e homogênea, reduzindo a variabilidade de perdas refletindo em maior qualidade. Contudo, o solo de classe textural média foi o que mais se destacou, pois além das boas condições para o arranquio, ainda possui característica textural recomendável para o cultivo do amendoim (menos de 20% de argila).

No arranquio, a correta regulagem e operação dos equipamentos (conjunto trator-arrancador-invertedor) também são necessárias para a diminuição de perdas e aumento da qualidade da operação, principalmente a afiação das facas de corte que atuam na subsuperfície do solo e a vibração da esteira que elevam as plantas de amendoim a serem invertidas e enleiradas no campo, para posterior recolhimento.

A utilização do piloto automático na operação de semeadura mostra-se ser uma ferramenta que diminui o erro de paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora, assim proporcionando o espaçamento entre linhas mais próximo do desejado do que quando operado manualmente, além de evitar perda de área quando há erro do operador para espaçamentos maiores do que o desejado, e competição entre as plantas quando há erro do operador para espaçamentos menores do que o desejado. Além disso, a qualidade da operação quando realizada com o piloto automático se mostra bem mais qualificada.

No arranquio mecanizado as velocidades de deslocamento estudadas (4,5 e 6,0 km h⁻¹) não influenciaram as perdas, portanto recomenda-se trabalhar na maior velocidade por proporcionar aumento da capacidade de campo efetiva, já que esta é dependente da largura de trabalho do equipamento (que neste caso é fixa), e a velocidade de deslocamento.

As perdas visíveis não são alteradas quando se se utiliza do piloto automático, porém com relação à qualidade da operação, se mostra mais qualificado, ou seja, a variabilidade das perdas visíveis na área é menor quando o arranquio é realizado com o uso do piloto automático do que quando manualmente.

A operação com o uso do piloto automático proporcionou menores perdas invisíveis e conseqüentemente as totais, indicando que a utilização do direcionamento automático foi eficaz para diminuição das perdas invisíveis, além da melhor qualidade da operação, atentando-se para a menor velocidade de deslocamento ($4,5 \text{ km h}^{-1}$), de maior qualidade, velocidade que quando operada manualmente obteve a menor qualidade dentre os tratamentos estudados.

Assim o uso do piloto automático mostra-se ser uma ferramenta importante para a correta implantação da cultura e menores perdas no arranquio de amendoim, além de operações com maiores precisão e qualidade.