UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA- UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DENSIDADES DE SEMENTES INFLUENCIAM A QUALIDADE DAS OPERAÇÕES MECANIZADAS DE SEMEADURA E COLHEITA DO AMENDOIM?

Erika Cristina Gomes Sales
Engenheira Agrônoma

Jaboticabal-SP
2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DENSIDADES DE SEMENTES INFLUENCIAM A QUALIDADE DAS OPERAÇÕES MECANIZADAS DE SEMEADURA E COLHEITA DO AMENDOIM?

Discente: Erika Cristina Gomes Sales
Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani
Coorientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

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

Jaboticabal-SP
2026

FICHA CATALOGRÁFICA

S163d

Sales, Erika

Densidades de sementes influenciam a qualidade das operações mecanizadas de semeadura e colheita do amendoim? / Erika Sales. -- Jaboticabal, 2026

32 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Rouverson Pereira da Silva

1. Densidade populacional. 2. Controle Estatístico de Processo. 3. Qualidade operacional. 4. Estande de plantas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DENSIDADES DE SEMENTES INFLUENCIAM A QUALIDADE DAS OPERAÇÕES MECANIZADAS DE SEMEADURA E COLHEITA DO AMENDOIM?

AUTORA: ERIKA CRISTINA GOMES SALES
ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANICOORIENTADOR: ROUVERSON PEREIRA DA SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Ciência do Solo), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI (Participaçao Presencial)
Departamento de Engenharia / UNESP / Câmpus de Jaboticabal - FCAV

gov.br Documento assinado digitalmente
JARLYSON BRUNNO COSTA SOUZA
Data: 27/02/2026 16:29:40-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. JARLYSON BRUNNO COSTA SOUZA (Participaçao Virtual)
Departamento de Engenharia Agrícola / Universidade Federal do Maranhão (UFMA) - Chapadinha/MA

Prof. Dr. FÁBIO LUIZ CHECCHIO MINGOTTE (Participaçao Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Jaboticabal - FCAV

Jaboticabal, 27 de fevereiro de 2026.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Erika Cristina Gomes Sales nasceu em Belém, Estado do Pará, em 08 de setembro de 2000. Em março de 2019, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Belém-PA. Durante a graduação, integrou o Grupo de Pesquisa em Manejo e Fertilidade do Solo, atuando como PIBIC voluntária e, posteriormente, como bolsista PIBIC pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Em março de 2024, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do solo), área de concentração em Máquinas Agrícolas, na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Campus de Jaboticabal. Durante o mestrado, foi bolsista da CAPES e integrou o Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), vinculado ao Departamento de Engenharia da referida instituição.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e à Nossa Senhora do Perpétuo Socorro. Aos meus pais, Jonaldson Sales e Edileuza Maia, pelo esforço, apoio e dedicação que tornaram possível esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me guiado, sustentado e fortalecido ao longo desses dois anos de mestrado. À Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, por sua constante intercessão, proteção e esperança nos momentos em que mais precisei.

Aos meus pais, Jonaldson Sales e Edileuza Maia, expresso minha mais profunda gratidão por todo esforço, amor, dedicação e apoio ao longo da minha vida. Obrigada por acreditarem nos meus sonhos e por sonharem junto comigo.

Às minhas irmãs, Taynara Maia e Vitória Maia, agradeço por estarem ao meu lado em todos os momentos, desde a infância até a vida adulta, compartilhando alegrias, dificuldades, aprendizados e sonhos. Obrigada por caminharem comigo, por acreditarem em mim e por fazerem parte de cada etapa importante da minha trajetória.

À minha cunhada, Elisa Bentes, agradeço apoio e incentivo constantes, por sempre aplaudir minhas conquistas e por se fazer presente em minha vida. À minha tia, Ana Maia, minha gratidão por sempre estar presente nos momentos importantes, por se importar com minhas realizações e por acompanhar minha essa trajetória.

Agradeço também aos meus amigos do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), por toda ajuda, companheirismo e apoio ao longo desses dois anos. As trocas de experiências e a colaboração de cada um foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para tornar essa caminhada mais leve.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, agradeço pela orientação, paciência, apoio e ensinamentos ao longo desses dois anos. Suas contribuições foram essenciais para a construção deste trabalho e para o meu amadurecimento acadêmico e profissional.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Jaboticabal, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO. XIII
ABSTRACT XIV
1 INTRODUÇÃO 1
2 OBJETIVO GERAL: 2
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2
3 REVISÃO DE LITERATURA 3
3.1 Cultura do amendoim 3
3.2 Características da semeadura e densidade populacional 3
3.3 Colheita mecanizada de amendoim 4
3.3.1 Fatores que afetam a colheita mecanizada do amendoim 5
3.3.2 Parâmetros climáticos e condições do solo 6
3.3.3 Perdas na colheita mecanizada 6
3.4 Maturação do amendoim 7
3.5 Controle estatístico de processo 8
3.5.1 Cartas de controle 8
3.5.2 Gráfico Sequencial 9
4 MATERIAL E MÉTODOS 10
4.1 Área experimental 10
4.2 Caracterização do clima 11
4.4. Indicadores de qualidade 12
Previamente à colheita 13
4.4 Aquisição de dados em campo 13
4.4.2 Resistência a penetração e teor de água do solo 14
4.4.3 Perdas no arranquio 14
4.4.4 Análise de maturação do amendoim 15
4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS 16
4.5.1 Gráfico Sequencial 16
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 17
5.1 Caracterização do clima 17
5.2 Teste de aleatoriedade das variáveis 17
5.3 Variáveis após a semeadura 19

5.4 Variáveis coletadas previamente à colheita 22
5.5 Variáveis após a colheita 23
6 CONCLUSÃO 26
7 REFERÊNCIAS 26

LISTA DE FÍGURAS

Figura 1: A: Profundidade; B:Distância entre linhas; C: Distância entre plantas em uma mesma linha.

Figura 2: Escala de cores para classificação da maturação das vagens**.**

Figura 3. Localização da área experimental.

Figure 4. Caracterização do clima do município de Taiúva-SP durante o ciclo da cultivar. Adaptado de NASA POWER (2025).

Figura 5: Esquema experimental das densidades de semeadura no campo.

Figura 6: Metodologia Hull Scrape para maturação do amendoim.

Figura 7 – Cartas de controle de valores individuais para: a) Tempo Médio de Emergência; b) Coeficiente de Velocidade de Emergência.

Figura 8 – Cartas de Controle de valores individuais para: Distribuição longitudinal.

Figura 9 – Cartas de Controle de valores individuais para: a) Teor de Água no Solo; b) Índice de cone antes da colheita.

Figura 10: Cartas de Controle de valores individuais para; a) Teor de Água das Vagens (%) e b) Maturação (%).

Figura 11: Carta de controle de valores individuais para Perdas Visíveis no arranquio (%).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes de cores do amendoim e suas caracteristicas disntintas

Tabela 2 : Causas especiais atuantes em um processo e explicação para a sua ocorrência.

Tabela 3 : Indicadores de qualidade avaliados no experimento.

Tabela 4: Índice de Espaçamentos Entre Plantas Normal, Falho e Duplo (%).

Tabela 5: Valores de probabilidade utilizados para verificar a ocorrência de padrões associados às variáveis: Tempo Médio de Emergência, Coeficiente de Velocidade, Índice de Cone, Teor de Água no Solo, Perdas Visíveis, Maturação.

LISTRA DE ABREVIAÇÕES DE SIGLA

CEP- Controle Estatístico de Processo

DL-Distribuição Longitudinal

CVE- Coeficiente de Velocidade de Emergência

PROD- Produtividade

CEQ - Controle Estatístico de Qualidade

IAC -Instituto Agronômico de Campinas

LIC- Limite Inferior de Controle

LSC- Limite Superior de Controle

MPa- Mega Pascal

MSC- Massa do Solo Seco

MSU- Massa do Solo Úmido

PIA -Perdas Invisíveis no Arranquio

PMI - Peanut Maturity Index

PVA - Perdas Visíveis do Arranquio

RMSP - Resistência Mecânica do Solo à Penetração

TAS- Teor de Água do Solo

TAV -Teor de Água da Vagem

TDP -Tomada De Potência

TM- Tempo Médio de Emergência

V_M- Vagem Marrom

V_L- Vagem Laranja

V_B- Vagem Branca

V_{A1}- Vagem amarelo 1

V_{A2}- Vagem amarelo 2

V_P- Vagem Preta

EEP- Espaço entre plantas

RPM: Rotação por minuto

$\overline{X}$ = Média dos valores observados

DENSIDADES DE SEMENTES INFLUENCIAM A QUALIDADE DAS OPERAÇÕES MECANIZADAS DE SEMEADURA E COLHEITA DO AMENDOIM?

RESUMO- A definição das práticas de manejo é essencial para o bom desenvolvimento da cultura do amendoim, uma vez que fatores relacionados à semeadura podem afetar diretamente o desempenho das plantas ao longo do ciclo. Entre essas práticas , a densidade de semeadura é de suma importância para o estande final de plantas, pois influencia a uniformidade da distribuição e a competição entre as plantas. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de quatro densidades populacionais nos processos mecanizados de semeadura e colheita do amendoim, utilizando as premissas do Controle Estatístico de Processo como ferramenta de análise da qualidade. O experimento foi conduzido em área comercial localizada no município de Taiúva-SP, durante a safra 2024/2025, utilizando a cultivar IAC 505. Foram avaliadas quatro densidades de semeadura: 19, 21, 23 e 25 sementes m^{-1}. Analisaram-se indicadores de qualidade após a semadura (Tempo Médio para Emergência, Coeficiente de Velocidade de Emergência, Distribuição Longitudinal), Previamente à colheita (Índice de Cone) e após a colheita (Maturação, Teor de Água na Vargem, Teor de Água no Solo, Produtividade, Perdas Visíveis), coletados sequencialmente ao longo do tempo para cada indicador. Os resultados indicaram que a densidade de 23 sementes m^{-1} obteve melhor uniformidade de distribuição das plantas, enquanto a densidade de 25 sementes m^{-1} apresentou maior estabilidade em variáveis associadas à colheita mecanizada.

Palavras-chave: Densidade populacional, Controle Estatístico de Processos, Qualidade operacional, Estande de plantas.

DO SEED DENSITIES INFLUENCE THE QUALITY OF MECHANIZED PEANUT SOWING AND HARVESTING OPERATIONS?

ABSTRACT- The definition of management practices is essential for the proper development of peanut crops, since sowing-related factors can directly affect plant performance throughout the crop cycle. Among these practices, sowing density is highly important for the final plant stand, as it influences distribution uniformity and competition among plants. This study aimed to evaluate the influence of four population densities on mechanized peanut sowing and harvesting processes, using the principles of Statistical Process Control as a tool for quality analysis. The experiment was conducted in a commercial field located in Taiúva, São Paulo, Brazil, during the 2024/2025 crop season, using the cultivar IAC 505. Four sowing densities were evaluated: 19, 21, 23, and 25 seeds m^{-1}. Quality indicators were analyzed after sowing: mean emergence time, emergence speed coefficient, and longitudinal distribution; before harvest: cone index; and after harvest: maturation, pod water content, soil water content, yield, and visible losses. These indicators were collected sequentially over time for each variable. The results indicated that the density of 23 seeds m^{-1} provided better uniformity in plant distribution, whereas the density of 25 seeds m^{-1} showed greater stability in variables associated with mechanized harvesting.

Keywords: Population density, Statistical Process Control, Operational quality, Plant layout.

1 INTRODUÇÃO

A produção de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) no Brasil tem registrado aumentos expressivos tanto em área quanto em produção em relação às safras anteriores (Conab, 2025). Esse avanço é particularmente evidente no Estado de São Paulo, que concentra a maior parcela da produção nacional e se destaca como principal produtor da cultura. No contexto de expansão do sistema produtivo, o manejo agronômico assume papel importante para a sustentabilidade e eficiência da cultura. Dentre as práticas de manejo, a densidade de semeadura é um fator importante, pois o ajuste adequado reduz a competição entre plantas, melhora o aproveitamento de luz, água e nutrientes e reflete diretamente em maiores níveis de produtividade (Tavares et al., 2016)

Na tentativa de evitar falhas no estande, é comum que produtores utilizem quantidades excessivas de sementes, o que pode intensificar a competição entre plantas na linha de semeadura e elevar os custos de produção, por outro lado, situações de baixo estande também podem comprometer a produtividade. Nesse contexto, a densidade de semeadura é um fator decisivo no sistema produtivo do amendoim, pois define a população final de plantas e, consequentemente, a quantidade de vagens produzidas. Quando adequadamente ajustada, a densidade de semeadura contribui para o aumento da produtividade, favorecer a absorção de nutrientes, elevar a taxa fotossintética e promover maior acúmulo de matéria seca (Ruiz et al., 2022). Esses fatores, em conjunto, refletem em maior produtividade da cultura.

Dentro do sistema produtivo do amendoim, a densidade de sementes influência diretamente nas operações de semeadura e colheita mecanizada. Entre os fatores envolvidos na semeadura, a densidade de sementes influencia no Tempo Médio de Emergência (TM), Distribuição Longitudinal (DL) e Coeficiente de Velocidade de Emergência (CVE) (Asik et al., 2020; Zerbato et al., 2014). Durante a colheita, a densidade de sementes também pode interferir na maturação das vagens (PMI), na produtividade (PROD) e nas perdas visíveis no processo (PVA) (Silva et al., 2019). Quando a densidade de sementes é baixa, as plantas dispõem de maior espaço e melhor acesso à água, luz e nutrientes, o que reduz a competição entre elas; contudo, o menor número de plantas por área pode resultar em menor produtividade em função da menor quantidade de sementes distribuídas (Siqueira et al., 2014). Em contrapartida, densidades mais elevadas tendem a promover floração mais precoce e de menor duração (Cattan et al., 1998; Demir et al., 2020), além de intensificar a competição entre plantas devido à maior ocupação da área.

Assim, determinar a densidade de semeadura adequada para o cultivo do amendoim possibilita um processo de semeadura e colheita mecanizada mais eficazes, resultando um estande uniforme, menor competição entre as plantas por água, luz e nutrientes e redução das perdas durante a colheita e maior uniformidade na maturação das vagens.

Apesar dos avanços na pesquisa em relação a semeadura na cultura do amendoim, existe uma lacuna significativa em relação a densidade mais adequada para promover o melhor desenvolvimento das plantas e maximizar a produtividade da cultura. Além disso, são escassos os estudos que avaliam a semeadura por meio de indicadores de qualidade ao longo do ciclo produtivo, abrangendo desde a semeadura até a colheita, com o uso do Controle Estatístico de Processo (CEP). Estudos como os de Zerbato et al. (2014) e Oliva et al. (2024) investigaram a influência da densidade e dos sistemas de semeadura com o uso de cartas de controle, porém esses trabalhos concentraram-se na etapa de implantação da cultura. Diferente dessas abordagens, o presente estudo amplia a análise ao considerar não apenas os efeitos da densidade na semeadura, mas também os impactos ao longo do ciclo produtivo, incluindo variáveis relacionadas à colheita mecanizada, proporcionando uma avaliação mais abrangente em relação aos processos mecanizados e o desempenho da cultura.

Diante disso, este estudo teve como objetivo determinar a densidade de semeadura que proporcione maior estabilidade nos processos de semeadura e colheita mecanizada do amendoim. Para isso, foram aplicadas ferramentas do CEP para avaliar quatro densidades populacionais diferentes, visando reduzir perdas, aumentar a uniformidade e maximizar a produtividade da cultura.

2 OBJETIVO GERAL:

Avaliar, por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP), como as densidades de semeadura influenciam a variabilidade dos indicadores de qualidade nos processos mecanizados de semeadura e colheita do amendoim.

2.1 *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*:

I. Comparar o desempenho operacional da semeadura mecanizada em quatro densidades de sementes, avaliando sua influência na uniformidade e na variabilidade da distribuição.

II. Analisar o impacto das densidades de semeadura na colheita mecanizada, verificando eficiência e perdas associadas ao processo.

III. Aplicar ferramentas de Controle Estatístico de Processo (CEP) para monitorar e avaliar a qualidade das operações mecanizadas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.), originário da América do Sul, é uma planta dicotiledônea pertencente à família Fabaceae e encontra-se entre as oleaginosas mais cultivadas em todo mundo (Fao, 2020). O amendoim tem ciclo curto, e a colheita que ocorre geralmente entre 90 e 180 dias após o plantio, dependendo da variedade (Oliveira, 2024). É reconhecido por seu alto valor nutricional, e desempenha um papel importante na indústria alimentícia.

A cultura se destaca não apenas como fonte alimentar, mas também como matéria-prima para a extração de óleo e alimentação animal. No Brasil, observa-se um crescimento significativo na produção, especialmente no estado de São Paulo, responsável pela maior parcela da produção nacional. Este aumento na produção se deve, em parte, à capacidade do amendoim de fixar nitrogênio no solo, promovendo a sustentabilidade agrícola e reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (Tavares et al., 2016).

O amendoim é cultivado em diversos países, com a China liderando a produção global (aproximadamente 37%), seguida pela Índia (13%) e Nigéria (9%) (Usda, 2024). O Brasil ocupa a 11ª posição no ranking mundial de produção de amendoim, respondendo por aproximadamente 2% da produção global, sendo o estado de São Paulo o principal polo produtivo do país, com participação de 81,27% (Usda, 2024). Nesse contexto, estudos evidenciam a relevância econômica da cultura do amendoim em regiões próximas à área de desenvolvimento da pesquisa, como Jaboticabal, Tupã e Marilía são os principais polos produtores com 12,2%; 13,6% e 12,7%, respctivamente. Esse destaque deve-se, principalmente, ao uso intensivo da cultura em áreas de reforma de canavial, por meio da sucessão com a cana-de-açúcar. Além disso, a cadeia produtiva do amendoim no Brasil tem grande impacto socioeconômico, contribuindo significativamente para receitas de exportação e geração de empregos no setor agrícola (Neves et al., 2023).

3.2 Características da semeadura e densidade populacional

A escolha da profundidade de semeadura depende de diversos fatores, como o tipo de cultura, temperatura, umidade, características físicas do solo e capacidade operacional da máquina. O leito de semeadura, refere-se à espessura e às condições de resistência da camada de solo que cobre as sementes, determinando o ambiente no qual elas realizarão seus processos fisiológicos e interagirão com o meio (Francetto; Silva; Gírio, 2024). A definição adequada

dessa profundidade é essencial para garantir a germinação uniforme das sementes, consequentemente a emergência das plântulas, possibilitando maior resistência ao acamamento.

A densidade de plantas é um dos fatores que influenciam a produtividade do amendoim, pois define a população final e o número de vagens formadas. Em cultivares com crescimento vegetativo mais intenso, o aumento da densidade pode intensificar a competição entre plantas na linha de semeadura, afetando a produtividade da cultura (Bolonhezi; Godoy; Santos, 2013). Na tentativa de evitar falhas, os produtores excedem a quantidade de sementes, aumentando o risco da concorrência entre plantas na linha, além de aumentar o custo de produção. Por outro lado, se colocar poucas sementes a produtividade também pode ser comprometida.

Por isso, torna-se essencial utilizar a quantidade adequada de sementes e definir corretamente o espaçamento entre as plantas. O espaçamento de uma cultura é determinado pela densidade e pela disposição das plantas na área cultivada. A densidade representa o número de plantas por unidade de área, que resulta diretamente da combinação do espaçamento entre linhas com o número de plantas por metro, determinando a distribuição ideal das plantas para o desenvolvimento da cultura (Nakagawa et al., 1994). O uso de espaçamento adequado de plantas, além de contribuir para maximizar a produtividade, tem efeitos sobre o controle de plantas daninhas, podendo representar uma estratégia importante para utilização de alguns fatores de produção como luz, água e nutrientes.

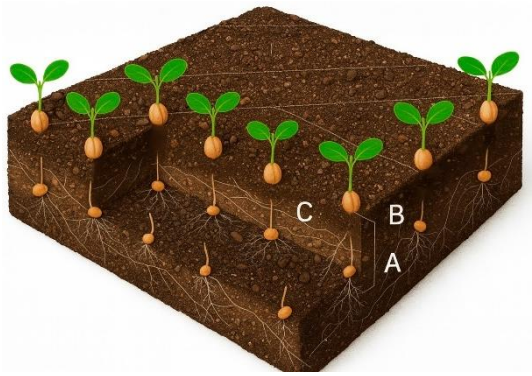


Figura 1: A: Profundidade; B:Distância entre linhas; C: Distância entre plantas em uma mesma linha. **Fonte:** adaptado de Väderstad (2020).

3.3 Colheita mecanizada de amendoim

A colheita do amendoim é realizada em duas etapas distintas, o arranquio e o recolhimento, fases nas quais podem ocorrer perdas expressivas, especialmente durante o arranquio, que podem atingir até 30% da produção.Contudo, a adoção de estratégias de melhoria e um gerenciamento adequado do processo permitem a redução dessas perdas para

valores próximos a 5% (Silva; Francetto, 2025). As particularidades da cultura do amendoim, como o hábito de crescimento indeterminado e a formação dos frutos abaixo da superfície do solo, exigem cuidados específicos durante a colheita. Nesse contexto, a colheita mecanizada tem se mostrado uma alternativa eficiente, promovendo melhor qualidade da colheita, reduz a demanda por mão de obra e um avanço na modernização da cadeia produtiva do amendoim (Gu et al., 2025).

O arranquio é realizado por meio arrancador-invertedor, tracionado por trator e acoplado ao sistema hidráulico de três pontos. Esse equipamento atua invertendo as plantas e formando leiras, expondo a parte radicular ao sol, permitindo a secagem natural até que as vagens atinjam a umidade adequado para o recolhimento. Segundo Srivastava et al. (2006), o recolhimento das vagens de amendoim deve ocorrer apenas após a redução do teor de água a níveis ideais. As vagens recolhidas são depositadas no tanque graneleiro da máquina recolhedora, transferidas para um transbordo e, posteriormente, transportadas em caminhões até as unidades de beneficiamento (Tasso Júnior et al., 2004). No sistema de produção do amendoim, o arranquio representa uma das etapas mais críticas para garantir a eficiência da colheita e preservação da qualidade do produto. Por ser a fase inicial da colheita mecanizada, é nesse momento que as vagens de amendoim são retiradas do solo e expostas às condições ambientes, o que exige cuidados técnicos especiais (oliveira et al.,2025).

3.3.1 Fatores que afetam a colheita mecanizada do amendoim

Pesquisas anteriores relatam que na colheita mecanizada do amendoim as perdas são inevitáveis, sendo que diversos fatores contribuem para seu aumento, como o clima, vigor, maturação, regulagem da maquina e principalmente condições do solo. A eficiência da colheita mecanizada é um processo que depende, principalmente, da escolha da cultivar, manejo adotado e do ponto ideal de maturação das plantas (Pereira.,2020). A qualidade e a manutenção das máquinas, aliadas à habilidade do operador, constituem elementos essenciais para garantir uma operação eficiente e com menores perdas (Silva; Francetto.,2025). Quando esses fatores são gerenciados, é possível otimizar o desempenho da colheita mecânica, reduzindo perdas e assegurando a qualidade final do produto. Entre os principais fatores que influenciam a colheita mecanizada destacam-se o vigor e o grau de maturação das plantas, as condições de cultivo e a presença de plantas daninhas. Além disso, exercem influência significativa a regulagem e o estado de manutenção das máquinas, bem como a velocidade de deslocamento dos equipamentos durante a operação (Silva; Francetto, 2025).

3.3.2 Parâmetros climáticos e condições do solo

Os fatores climáticos exercem influência significativa sobre a cultura do amendoim na parte de colheita mecanizada, o amendoim por ser tratado como uma cultura subterrânea, as condições climaticas, interferem de modo diferente de outroas culturas anuais, além de das chuvas excessivas que impedem a entrada no campo, longos periodos de seca também podem impactar a eficiência das maquinas. (Silva; Francetto., 2025). A umidade do solo é um dos principais fatores, pois níveis elevados dificultam o arranquio das plantas, enquanto a baixa umidade pode resultar em perdas durante o processo. Chuvas próximas à colheita comprometem a secagem das plantas e favorecem a germinação das sementes e o desenvolvimento de fungos. Ademais, condições de alta umidade relativa do ar e baixa insolação retardam a dessecação natural, ao passo que temperaturas elevadas e ventos intensos aceleram a perda de água, mas podem aumentar a quebra das vagens e as perdas mecânicas. As condições meteorológicas exercem influência significativa sobre a produção agrícola (Zhao et al., 2017). As plantações de amendoim, em especial, requerem temperaturas relativamente elevadas, boa incidência de luz solar, precipitação bem distribuída entre 500 e 600 mm e adequada disponibilidade de água no solo para atingir alta produtividade (Halder et al., 2020). Assim como outras culturas, o amendoim pode ser sensivelmente afetado por variações climáticas, sendo que condições adversas, como seca ou excesso de chuvas, impactam diretamente a produtividade.

3.3.3 Perdas na colheita mecanizada

Na colheita mecanizada do amendoim, a maior parte das perdas ocorre durante a operação de arranquio, especialmente quando o processo não é conduzido de forma adequada. Essas perdas ocorrem em função das características específicas da cultura, como o hábito de crescimento indeterminado e a formação de vagens subterrâneas, que a diferenciam de outras espécies anuais e tornam o processo de colheita mais suscetível a variações e danos. As perdas podem ocorrer tanto acima quanto abaixo do solo. As perdas visíveis (acima do solo) acontecem durante a elevação e agitação das plantas pela esteira vibratória, etapa destinada à remoção do solo aderido às vagens. Já as perdas invisvséis (abaixo do solo) ocorrem quando as lâminas de corte atuam de forma muito superficial, provocando o desprendimento das vagens que permanecem no solo (Roberson et al., 2009).

A eficiência da colheita mecanizada do amendoim está diretamente relacionada ao ponto de maturação das vagens, à sanidade das plantas, às condições físicas do solo e à presença de plantas daninhas. Uma das principais causas de perdas na colheita mecanizada do amendoim é o desprendimento das vagens por rompimento do ginóforo. Durante o arranquio ou o

recolhimento, as vagens soltas que não são incorporadas imediatamente pelos mecanismos da colhedora permanecem no campo, elevando os índices de perdas (Silva; Francetto, 2025).

3.4 Maturação do amendoim

A determinação do momento ideal de colheita é complexa, uma vez que o amendoim apresenta hábito de crescimento indeterminado, caracterizado pela formação contínua de flores e vagens ao longo do ciclo. Isso significa que, mesmo durante o enchimento e a maturação de parte das vagens, a planta continua emitindo novos ramos e estruturas reprodutivas. O momento ideal de colheita é uma das decisões mais estratégicas e desafiadoras para os produtores, pois exerce impacto direto sobre a produtividade da cultura, a qualidade das vagens e a eficiência da colheita mecanizada. Esse ponto é determinado principalmente pela maturidade fisiológica da planta, estágio em que a maior parte das vagens está plenamente desenvolvida e apresenta teor de umidade adequado para o arranquio. O campo apresenta vagens em diferentes estágios de desenvolvimento no momento da colheita. Essa maturação desuniforme representa grande desafio para os produtores, pois antecipar a colheita pode resultar em grande número de vagens imaturas e perdas de produtividade, enquanto atrasá-la aumenta o risco de deterioração e desprendimento das vagens maduras no solo. Assim, compreender o padrão de crescimento e maturação do amendoim é essencial para definir o ponto ótimo de colheita, maximizar a produtividade e garantir a qualidade do produto final. (Silva; Francetto 2025).

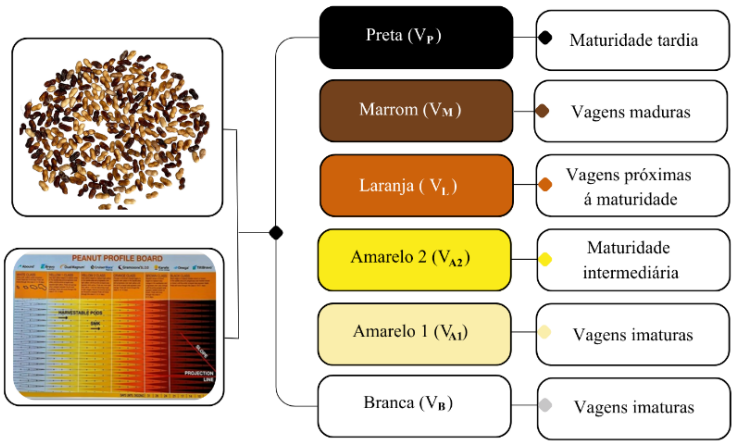


Figura 2: Escala de cores para classificação da maturação das vagens **Fonte:** adaptado de Rowland et al (2006).

Tabela 1: Classes de cores do amendoim e suas caracteristicas disntintas

Cor predominante	Características

Branco	Núcleo dos grãos macio, aquoso, mal definido; tamanho variando entre uma cabeça de fósforo e uma vagem de tamanho normal.
Amarelo 1	Grãos pouco definidos; textura esponjosa; vagens de tamanho completo
Amarelo 2	Grãos bem definidos; textura de vagem mais grossa do que a do amarelo 1.
Laranja	Desenvolvimento do tegumento rosa da semente.
Marrom Preta	Textura áspera da vagem; tegumento rosa escuro
Preta	Grãos completamente desen-volvidos; textura de vagem extremamente áspera.

Fonte: Carter et al. (2023).

3.5 Controle estatístico de processo

O controle estatístico de processo (CEP) contempla um conjunto de ferramentas estatísticas, utilizadas com a finalidade de monitorar e aprimorar a qualidade do processo. No contexto tecnológico, é fundamental que os processos, em qualquer ramo, sejam monitorados, para controlar as perdas provenientes da variabilidade do processo. Assim, o CEP contribui para a amenização desse impasse. O processo de fabricação é envolvido por variações naturais, que não interferem na estabilidade do processo. Todavia, as variações especiais não fazem parte do processo, e promovem a instabilidade do processo. Dessa forma, o objetivo do CEP é diagnosticar as causas especiais, para auxiliar na tomada de decisão(Ramos, 2000, p. 1).

3.5.1 Cartas de controle

A carta de controle é uma ferramenta precursora do CEP, apresenta por Walter Shewhart em 1924 (Toledo et al., 2013). O conceito das cartas de Shewhart é simples. Se o processo é monitorado regularmente, seu comportamento será conhecido, e torna-se fácil indentificar quando não está estavél. O gráfico de controle é composto por uma linha central (X), que representa o valor médio da característica da qualidade, e outras duas linhas horizontais, chamadas de limite superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC), sendo eles delimitadores de uma zona de controle da qualidade (Montgomery, 2017). O processo estará sob controle, se todos seus pontos estiverem dentro dessa zona delimitada pelos limites de

controle, seguindo um padrão essencialmente aleatório. Essa ferramenta é usada para diferenciar dois tipos de variação de processo: causas comuns e causas atribuíveis (Isawa et al.,2024) (Tabela 2). As causas comuns consistem, na variação natural do processo, sendo totalmente aleatórios e difíceis de serem controlados, as causas atribuíveis referem-se a uma variação que acontece por um motivo específico (Isawa et al.,2024). Além disso, a redução destas causas pouco irá influenciar na qualidade do processo.

A aplicação do Controle Estatístico de Processo (CEP) tem se mostrado uma ferramenta eficiente para a avaliação da qualidade em sistemas agrícolas, principalemnte para a cultura do amendoim. Nesse contexto, Jesus (2020) utilizou cartas de controle para monitorar diferentes etapas do processamento e demonstrou que a deterioração das sementes após o arranquio é um fenômeno inevitável. A partir do uso do CEP, foi possível acompanhar o comportamento das variáveis etapa por etapa e de forma integrada, facilitando a identificação das causas de variação ao longo do processo. Dessa forma, o estudo exemplifica como o uso de cartas de controle auxilia na tomada de decisão, permitindo a eliminação ou minimização de variações indesejáveis e contribuindo para a obtenção de um produto final mais uniforme e com maior qualidade

Tabela 2 : Causas especiais atuantes em um processo e explicação para a sua ocorrência.

Fator (6M's)	Explicação
Mão de obra	Todas as pessoas são diferentes e os operadores podem não estar adequadamente preparados para as mais diversas tarefas.
Máquina	Desgaste, o uso inadequado ou falta de regulagens e manutenção podem ser fontes importantes de variação.
Matéria-prima	Cada item é único e, portanto, fonte de possíveis variações.
Método	Falta de padronização na metodologia utilizada no trabalho.
Medição	Amostras oriundas de determinados áreas podem influenciar os resultados
Meio ambiente	O ambiente pode influenciar, dentre outras maneiras, na sazonalidade da produção.

Fonte: Adaptado de Trindade et al. (2007).

3.5.2 Gráfico Sequencial

Os gráficos sequenciais (*run chat),* segundo (Werkema, 2006), servem para realizar o monitoramento dos dados ao longo do tempo, permitindo identificar a presença de causas especiais de variação. O ideal para se criar uma tabela é que se tenha no mínimo 15 pontos de

dados, sendo possível identificar até a ocorrência de causas especiais do processo e identificar padrão existente, classificados como: Tendência trata-se de uma sequência de sucessivos aumentos ou diminuições nas observações; uma observação que se encontrar sobre a linha central, ou que tem o mesmo valor que a observação anterior não é contada. A ocorrência de tendências em um processo pode advertir que se encontra próximo de sair de controle, e que isto pode ser devido a fatores tais como, ferramentas utilizadas, uma máquina sem manutenção adequada, ou turno de operadores. Oscilação indica um padrão regular está ocorrendo ao longo do tempo, como por exemplo, um efeito de sazonalidade. Em um gráfico sequencial, oscilações são detectadas quando os dados flutuam rapidamente acima ou abaixo da linha central. Mistura trata-se de um padrão que indica a ausência de pontos próximos a linha central, ou, seja, os pontos se alternam acima ou abaixo da linha central, mostrando que há existência de dois grupos distintos de dados. Agrupamento representam grupos de pontos em uma área do gráfico que podem indicar causas especiais de variação, tais como problemas de medição, variabilidade de um conjunto ou de determinado lote, ou uma amostra de um grupo de peças ruins (Nhs scotland et al.,2012).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

O experimento foi conduzido em área comercial de cultivo de amendoim, localizada no município de Taiúva - São Paulo (Figura 3), durante a safra 2024/2025. A semeadura foi realizada em 31 de outubro de 2024. A área experimental possui aproximadamente 0,5 ha e foi semeada com a cultivar IAC 505, cujas sementes apresentavam índice de germinação de 70%. O solo da área é classificado como franco-argilo-arenoso, apresentando 71% de areia, 5% de silte e 24% de argila, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013). O clima local é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical com inverno seco (Alvares et al., 2013).

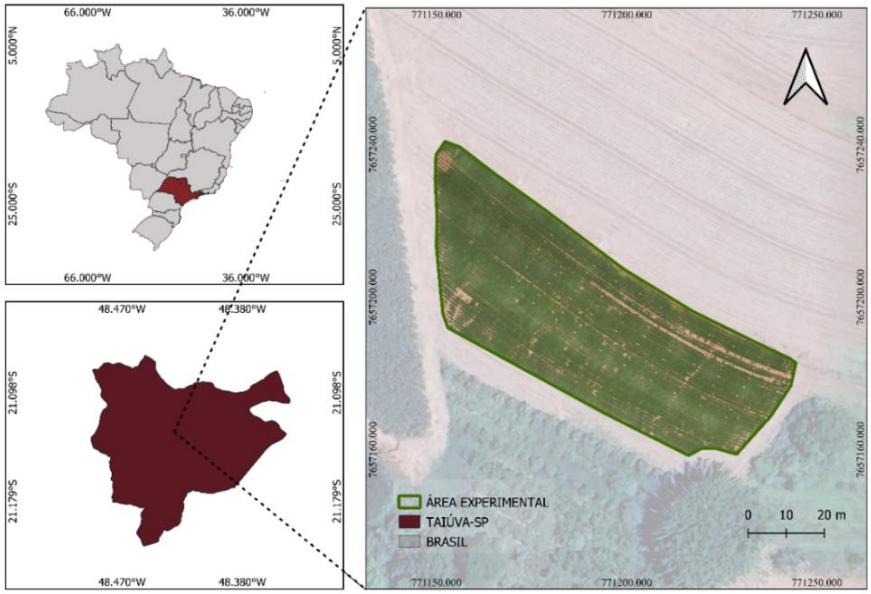


Figura 3. Localização da área experimental.

4.2 Caracterização do clima

Para a análise da variação temporal das condições climáticas, utilizou-se dados de precipitação e temperaturas mínima e máxima obtidos na plataforma *National Aeronautics and Space Administration Prediction Of Worldwide Energy Resources* (Nasa Power). A análise contemplou o município de Taiúva-SP (Figura 4) no período de outubro de 2024 a março de 2025, período correspondente ao ciclo de estabelecimento da cultivar em campo.

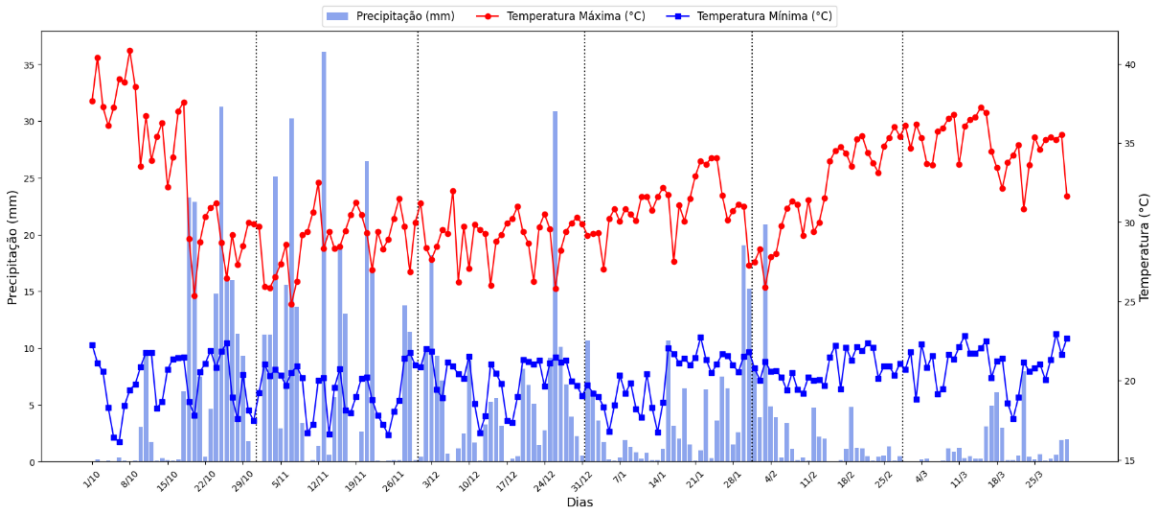


Figure 4. Caracterização do clima do município de Taiúva-SP durante o ciclo da cultivar. Adaptado de Nasa Power (2025).

4.3 Delineamneto experimental

O experimento foi conduzido seguindo as premissas de Controle Estatístico de Processo (CEP), com as amostras coletadas sequencialmente ao longo do tempo, em quatro tratamentos

estabelecidos conforme as diferentes densidades de semeadura. Cada tratamento foi constituído por 20 pontos amostrais, totalizando 80 pontos avaliados. As avaliações foram realizadas em espaço de 1 m de comprimento em cada ponto amostral, com espaçamento de 7 m entre os pontos dentro de cada tratamento (Figura 5). Na semeadura, utilizou-se uma semeadora da marca Jumil, modelo 2680PD, com oito linhas, operando a uma velocidade média de deslocamento de 5 km h^{-1}, com mecanismo dosador gravitacional e sulcador de semente de disco duplo. O equipamento foi configurado com diferentes regulagens de densidade de semeadura, estabelecidas em quatro combinações:19, 21, 23 e 25 sementes m^{-1}. Na colheita, foi utilizado um arrancador-invertedor da marca Santal 2x1, permitindo arrancar duas linhas simultaneamente para formar uma leira, com espaçamento de 0,90 m entre linhas, e com profundidade de arranquio fixada em 20 cm. O equipamento foi tracionado por um trator TL 85 New Holland, com rotação do motor ajustada para 2.400 rpm, potência de 64,7 kW (88 cv) no motor e rotação na TDP de 540 rpm.

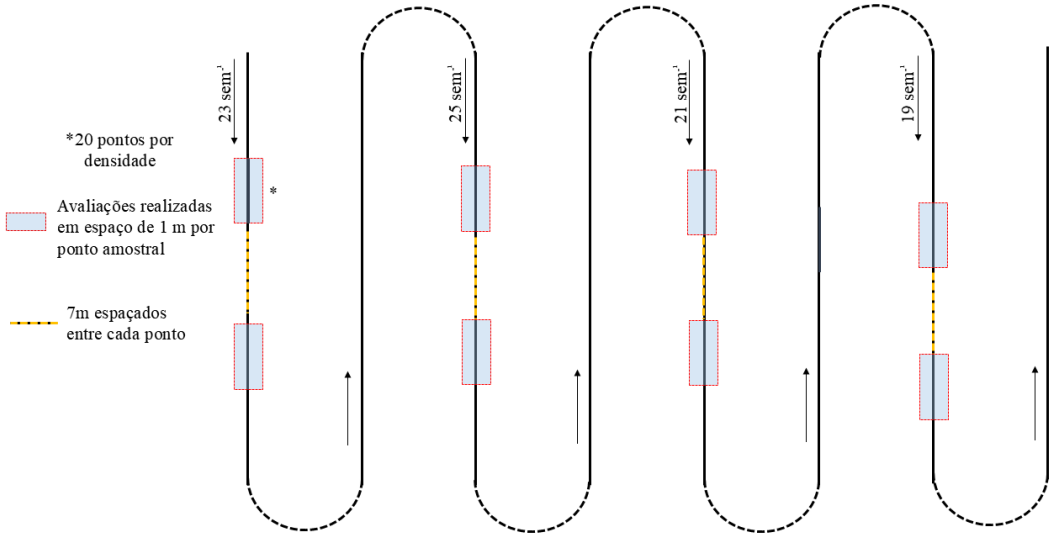


Figura 5: Esquema experimental das densidades de semeadura no campo.

4.4. Indicadores de qualidade

Para a avaliação da qualidade dos processos mecanizados de semeadura e colheita do amendoim, foram utilizados os indicadores (Tabela 3).

Tabela 3 : Indicadores de qualidade avaliados no experimento.

Momento da Medição	Sigla	Variável	Unidade de Medida
Após a Semeadura	TM	Tempo Médio para Emergência Máxima	Dias

	CVE	Coeficiente de Velocidade de Emergência	%
	DL	Distribuição Longitudinal	cm
Previamente à colheita	IC	Índice de Cone	MPa
	TAS	Teor de Água no Solo	%
Após a colheita	PMI	Maturação	%
	TAV	Teor de Água na Vagem	%
	PVA	Perdas Visíveis	%

4.4 Aquisição de dados em campo

Após a emergência foi realizada a avaliação da distribuição longitudinal de plântulas pelo método manual, utilizando-se uma trena para mensurar o espaçamentos entre plantas, definidos como Normal (N), Falho (F) e Duplo (D) de acordo com o método de Kurachi et al. (1989) (Tabela 4). Plântulas espaçadas entre 0,5 e 1,5 vezes do espaçamento médio esperado foram classificadas com espaçamento Normal (%) e espaçamentos acima e abaixo desses valores foram classificados como espaçamento Falho (%), Duplo (%), respectivamente. O espaçamento de referência correspondente às densidades avaliadas foi de 2,69; 2,36; 2,17 e 2,00 cm para 19, 21, 23 e 25 sementes^{-1}.

Tabela 4: Índice de Espaçamentos Entre Plantas Normal, Falho e Duplo (%).

	Classificação		
Tratamento	**Normal**	**Falho**	**Duplo**
19 sem^{-1}	2,69 cm ≥ EEP ≤ 7,89 cm	EEP>7,89 cm	EEP<2,69 cm
21 sem^{-1}	2,36 cm ≥ EEP ≤ 7,14 cm	EEP>7,14 cm	EEP<2,36 cm
23 sem^{-1}	2,17 cm ≥ EEP ≤ 6,32 cm	EEP>6,32 cm	EEP<2,17 cm
25 sem^{-1}	2,00 cm ≥ EEP ≤ 6,00 cm	EEP>6,00 cm	EEP<2,00 cm

Fonte:Adaptado, Kurachiet al.(1989).

4.4.1 Avaliação de emergência das plântulas

O monitoramento da emergência das plantulâs foi iniciado aos 5 dias após a semeadura (DAS), com avaliações diárias realizadas ao longo de 15 dias, período em que ocorreu a estabilização do número de plantas emergidas em todos os pontos amostrais. As fórmulas utilizadas para a determinação da velocidade de emergência foram as propostas por Kotowski (1926) (Equação 1), Edmond e Drapala (1958) (Equação 2), respectivamente, sendo:

$$\mathrm{CVE} = \frac{E_1 + E_2 + E_i}{E_1 * T_2 + T_1 + E_2 * T_2 + EI * T_i} * 100 \quad (1)$$

CVE: Coeficiente de velocidade de emergência;

E: Emergência de plântulas ocorrida por dia (%);

T: Tempo em dias.

$$\mathrm{TM} = \frac{\mathrm{E1} * \mathrm{T1} + \mathrm{E2} + \mathrm{Ei} * \mathrm{Ti}}{E_1 + E_2 + E_i} \quad (2)$$

Em que:

TM:Tempo médio necessario para atingir a emergência máxima em dias

E: número de Emergencia ocorrida por dia; e

T: Tempo em dias.

4.4.2 Resistência a penetração e teor de água do solo

O índice de cone (IC) foi determinado por meio da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) no mesmo dia do arranquio em todos os pontos, por meio de um penetrômetro de impacto, sendo coletadas informações a cada 5 cm nas camadas do solo de 0-15 cm. Para o cálculo do índice de cone, utilizou-se a média dos valores de resistência à penetração. Os dados de impactos por decímetro foram transformados em RMSP (kgf cm^{-2}), por meio da equação 3, desenvolvida por Stolf (1990). Os resultados foram convertidos para MPa, e por meio da equação 4 determinamos o IC para camada de resistência média. Além disso, foi coletada uma amostra de solo em cada ponto experimental para a determinação da umidade, utilizando-se um trado holandês.

$$RMSP = 5{,}6 + 6{,}89.\ N \quad (3)$$

Em que,

RMSP: Resistência Mecânica do Solo à Penetração (kgf cm-2);

N: impactos 0,5 dm-1 .

$$IC = \frac{\sum_i^n \mathrm{RMS}P_i}{n} \quad (4)$$

Em que,

IC: índice de cone (MPa);

N: número de amostras.

4.4.3 Perdas no arranquio

As perdas no arranquio foram avaliadas em 70 pontos amostrais. A coleta foi realizada utilizando armação de 1,80 × 1,11 m, correspondente a área de 2 m^2. Inicialmente, a leira de amendoim foi levantada, em seguida, as vagens dispostas sobre o solo, dentro da área delimitada pela armação, as vagens foram coletadas para quantificação das perdas visíveis. Adicionalmente, por questões operacionais do produtor houve a perda de 50% dos pontos amostrais no tratamento de 23 sementes m^{-1}, o que impactou a coleta das perdas e a análise de todas as variáveis. As perdas invisíveis não foram coletadas em todos os pontos amostrais, sendo avaliados apenas quatro pontos por tratamento, com o objetivo de caracterizar a área.

4.4.4 Análise de maturação do amendoim

A maturação das vagens foi avaliada pelo método Hull-Scrape, que utiliza a relação do número de vagens maduras (NVM), baseada na mudança de coloração do mesocarpo ao longo do tempo (Bindlisch; Abbott**;** Balota**,** 2017). Para a análise de maturação pelo método Hull-Scrape, foram coletadas todas as vagens de oito plantas em cada ponto avaliado, totalizando, em média, 200 vagens. O método consiste na remoção do exocarpo das vagens por meio de lavagem sob jato de água de alta pressão. Com o mesocarpo exposto, as amostras foram classificadas visualmente conforme o quadro de maturação (Figura 6). Proposto por Williams e Drexler (1981).



Figura 6: Metodologia Hull Scrape para maturação do amendoim.

Para o cálculo de PMI (Peanut maturity index), adotou-se a metodologia proposta por Rowland et al. (2006), na qual a soma das vagens pertencentes às classes marrom e preta é dividida pelo número total de vagens. Considerando, a dificuldade em se alcançar esses valores de PMI nas cultivares utilizadas comercialmente no Brasil, também foi aplicada a adaptação proposta por Santos et al. (2013), que considera vagens maduras as vagnes das classes laranja, marrom e preta (Equação 5). O PMI varia de 0 a 1, sendo que valores entre 0,70 e 0,75 indicam o ponto ideal de colheita.

$$\text{PMI} = \frac{(V_P + V_M + V_L)}{(V_B + V_{A1} + V_{A2} + V_L + V_M + V_p)} \quad (5)$$

Em que:

B= quantidade de vagens brancas;

A1= quantidade de vagens amarelas claras;

A2= quantidade de vagens amarelas escuras;

VL= quantidade de vagens laranjas;

VM= quantidade de vagens marrons;

V=quantidade de vagens pretas.

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As variáveis foram analisadas por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP), utilizando o software Minitab 17® como ferramenta de processamento dos dados. Cartas de controle de valores individuais foram elaboradas com linhas centrais (média geral) e linhas indicando os limites superior e inferior de controle estatístico, abreviados como LSC e LIC. Esses limites foram calculados com base no desvio padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio padrão; e LCI, média menos três vezes o desvio padrão, quando maior que zero) (Montgomery, 2009). Dessa forma, foi possível monitorar a estabilidade e a qualidade do processo de semeadura e colheita mecanizada na cultura do amendoim, permitindo identificar variações significativas e oportunidades de melhoria. Cada uma das variáveis foi considerada como um indicador de qualidade e analisada quanto à sua variabilidade e estabilidade, determinadas (Equações 6 e 7).

$$LSC = \bar{X} + 3.\sigma \quad (6)$$

$$LIC = \bar{X} - 3.\sigma \quad (7)$$

Em que:

LSC = Limite superior de controle;

;

σ = Desvio padrão;

LIC = Limite inferior de controle.

4.5.1 Gráfico Sequencial

O gráfico sequencial (*run Cart*) foi utilizado como complemento à carta de controle para o monitoramento dos dados ao longo do tempo, auxiliando na verificação do processo e permitindo inferir a existência de padrões pré-estabelecidos, indicativos da ocorrência de causas especiais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do clima

A distribuição das chuvas (Figura 4) ao longo do período avaliado apresenta relação direta com as operações de semeadura e colheita mecanizada do amendoim realizadas no experimento. A semeadura, foi realizada no dia 30/10/2024, e nesse período ocorreu volumes pluviométricos altos, com registros de precipitação próximos de 30 e 35 mm. Essas condições favoreceram a umidade do solo, contribuindo para a emergência das plantas e o estabelecimento inicial da cultura. Entretanto, eventos de chuva mais concentrados nesse período podem ter influenciado pontualmente a estrutura superficial do solo, com reflexos na uniformidade do estande.

A colheita mecanizada, realizada em 25/02/2025, coincidiu com um intervalo de menor ocorrência de chuvas, com precipitações predominantemente a 5 mm nos dias próximos à operação. Essas condições climáticas são, em geral, favoráveis à colheita mecanizada do amendoim, uma vez que a menor umidade do solo reduz a aderência de solo às vagens e facilita o arranquio e o recolhimento. Contudo, períodos de baixa umidade podem aumentar a resistência do solo, elevando o risco de perdas por vagens destacadas durante o arranquio. Dessa forma, os resultados indicam que as condições climáticas observadas no momento da semeadura e da colheita exerceram influência direta tanto no estabelecimento da cultura quanto na eficiência da colheita mecanizada e nos níveis de perdas observados.

Estudos recentes têm demonstrado que a eficiência da colheita mecanizada do amendoim está fortemente condicionada às condições hídricas do solo no momento da operação Pesquisa conduzida por Zhu et al. (2025) mostrou que solos com umidade entre 18% e 22% proporcionam menor índice de perdas, enquanto condições de solo muito úmido ou muito seco aumentam as perdas pois as vagens ficam mais resistentes ao solo. Esses resultados reforçam a importância do planejamento da colheita em janelas climáticas, sobretudo em regiões caracterizadas por elevada variabilidade pluviométrica ao longo do ciclo da cultura, o que permite reduzir perdas e aumentar a eficiência da colheita mecanizada.

5.2 Teste de aleatoriedade das variáveis

Na Tabela 5 (*run chart*) são apresentados os resultados do teste de aleatoriedade das variáveis, obtidos a partir da análise dos padrões de agrupamento, mistura, tendência e

oscilação. Por meio do Controle Estatístico de Processo (CEP), foi possível verificar se as variáveis apresentaram comportamento aleatório ou a presença de padrões não aleatórios em cada densidade de semeadura. Observou-se que, na densidade de 21 sementes·m^{-1}, o padrão de distribuição das variáveis tornou-se mais irregular, com maior ocorrência de padrões aleatórios, indicando possível instabilidade e maior variabilidade nessa condição de semeadura.

Os indicadores de qualidade CVE e DL não apresentaram a ocorrência de nenhum padrão em todos os tratamentos analisados. Todas as demais variáveis apresentaram algum tipo de padrão no teste de aleatoriedade, o que indica a possível ocorrência de causas especiais.

Tabela 5: Valores de probabilidade utilizados para verificar a ocorrência de padrões associados às variáveis: Tempo Médio de Emergência, Coeficiente de Velocidade, Índice de Cone, Teor de Água no Solo, Perdas Visíveis, Maturação.

Tratamento	**Padrão**				
	Variável	Agrupamento	Mistura	Tendência	Oscilação
19 Sem m^{-1}	PROD	**0,03***	0,96 ns	**0,04***	0,95 ns
	PMI	0,17 ns	0,82 ns	0,71 ns	0,28 ns
	PVA	0,50 ns	0,50 ns	0,50 ns	0,50 ns
	TAV	0,50 ns	0,50 ns	0,28 ns	0,71 ns
	TAS	**0,03***	0,96 ns	0,28 ns	0,71 ns
	TM	0,50 ns	0,50 ns	0,98 ns	0,13ns
	CVE	0,82 ns	0,17 ns	0,28 ns	0,71 ns
	IC	0,22 ns	0,77 ns	0,86 ns	0,13 ns
	DL	0.68 ns	0.31 ns	0.93 ns	0.07 ns
21 Sem m^{-1}	PROD	0,96 ns	**0,03***	0,95 ns	**0,04***
	PMI	0,67 ns	0,32 ns	0,13 ns	0,86 ns
	PVA	0,98 ns	**0,01***	0,95 ns	**0,04***
	TAV	0,96 ns	**0,03***	0,71 ns	0,28 ns
	TAS	**0,03***	0,96 ns	0,28 ns	0,71 ns
	TM	**0,03***	0,97 ns	0,13 ns	0,98 ns
	CVE	0,67 ns	0,32 ns	0,98 ns	0,13 ns
	IC	0,69 ns	0,30 ns	0,71 ns	0,28 ns
	DL	0.09 ns	0.90 ns	0.33 ns	0.66 ns
23 Sem m^{-1}	PROD	0,74 ns	0,25 ns	0,71 ns	0,29 ns

	PMI	**0,02***	0,97 ns	0,91 ns	0,08 ns
	PVA	0,50 ns	0,50 ns	0,70 ns	0,29 ns
	TAV	0,91 ns	0,09 ns	0,71 ns	0,29 ns
	TAS	**0,04***	0,99 ns	0,39 ns	0,60 ns
	TM	0,84ns	0,91 ns	0,86 ns	0,13 ns
	CVE	0,67 ns	0,91 ns	0,86 ns	0,13 ns
	IC	0,16 ns	0,83 ns	**0,02***	0,97 ns
	DL	0.48 ns	0.51 ns	0.39 ns	0.60 ns
25 Sem m^{-1}	PROD	**0,00***	0,99 ns	0,28 ns	0,71 ns
	PMI	0,67 ns	0,32 ns	0,71 ns	0,28 ns
	PVA	0,17 ns	0,82 ns	0,13 ns	0,86 ns
	TAV	0,17 ns	0,82 ns	0,50 ns	0,50 ns
	TAS	0,32 ns	0,67 ns	0,13 ns	0,86 ns
	TM	0,11 ns	0,98 ns	0,48 ns	0,95 ns
	CVE	0,50 ns	0,50 ns	0,50 ns	0,50 ns
	IC	**0,01***	0,98 ns	**0,04***	0,95 ns
	DL	0.81 ns	0.18 ns	0.66 ns	0.35 ns

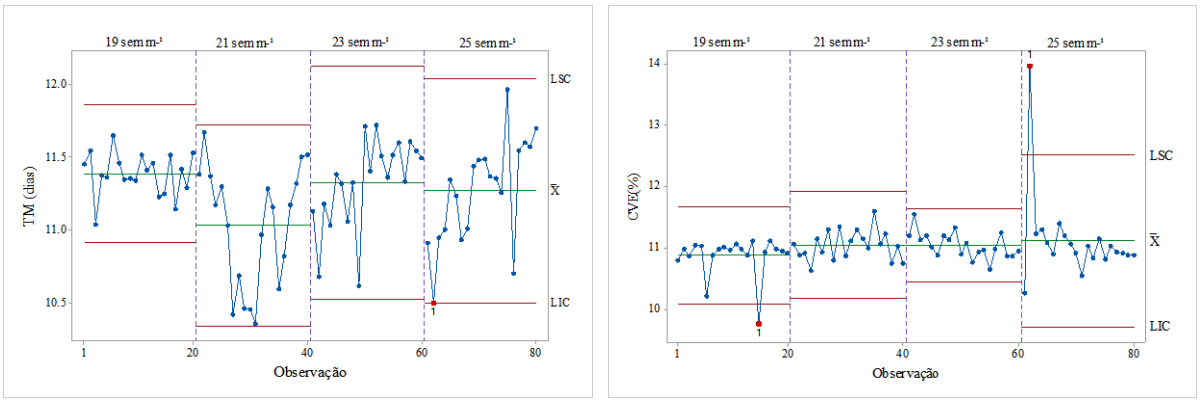
*: Valores não aleatórios padrão detectados pelo teste de probabilidade em p<0,05; ns: Valores aleatórios padrão detectados pelo teste de probabilidade em p>0,05.

5.3 Variáveis após a semeadura

A maior variabilidade do TM (Figura 7a) foi observada na densidade de 21 sementes m^{-1}, enquanto as menores variabilidades ocorreram nas densidades de 23 e 25 sementes m^{-1}. Todos os tratamentos tiveram comportamento estável, sendo, portanto, a variabilidade intrínseca do processo de semeadura, não havendo ocorrência de causas especiais. Ainda assim, o tratamento com 21 sementes m^{-1} apresentou padrão de agrupamento (Tabela 5), sugerindo uma tendência diferente em relação as outras densidades.

O tempo médio necessário para a completa emergência das plantas variou de 11 a 11,4 dias entre as diferentes densidades de semeadura. Em relação à variação dos dados, a maior amplitude (Anexo 1) e maior variabilidade (Figura 7a) foi verificada na densidade de 21 sementes m^{-1}, que apresentou o pior desempenho para essa variável. Em contrapartida, a densidade de 25 sementes m^{-1} apresentou o melhor desempenho, com distribuição normal dos valores segundo o teste de normalidade (Anexo 1) e uma das menores amplitudes observadas, indicando menor variabilidade dos dados (Anexo 1). Esses resultados demonstram que populações estabelecidas com 25 sementes m^{-1} apresentam bom desempenho, configurando-se como uma alternativa adequada para a cultura do amendoim.

Para o CVE (Figura 7b), entre as densidades avaliadas, as menores variabilidades foram observadas nas densidades de 19 e 25 sementes m^{-1}, indicando melhor desempenho no processo de germinação. Em contrapartida, as densidades de 21 e 23 sementes m^{-1} apresentaram maior variabilidade e maior amplitude dos valores (Anexo 1), refletindo maior instabilidade do processo. Entretanto, não foram identificados padrões específicos nas cartas de controle para as densidades analisadas (Tabela 5), indicando a ausência de causas especiais e que a variabilidade observada é inerente ao processo.



a) **b)**

Figura 7 – Cartas de controle de valores individuais para: a) Tempo Médio de Emergência; b) Coeficiente de Velocidade de Emergência.

A avaliação do Tempo Médio de Emergência das plântulas de amendoim é para compreender a uniformidade inicial da cultura, permitindo analisar o período necessário para que as diferentes densidades populacionais (19, 21, 23 e 25 sementes m^{-1}) atingissem a estabilização após a semeadura. A carta de Shewhart indica pontos fora dos limites de controle, isso indica a ocorrência de causas especiais, como variações na temperatura, umidade do solo ou qualidade fisiológica das sementes. Fatores ambientais e condições fisiológicas das sementes podem ter contribuído para os resultados.

O Coeficiente de Velocidade de Emergência é um indicador de qualidade que mostra a rapidez e a uniformidade do processo de emergência das plântulas. O melhor desempenho foi observado na densidade de 19 sementes m^{-1}, que apresentou menor amplitude (Anexo 1) e menor variabilidade (Figura 7b), indicando uma emergência mais rápida e uniforme, provavelmente associada à eficiente absorção de água e nutrientes pelas sementes. Por outro lado, a densidade de 21 sementes m^{-1} apresentou o pior desempenho, com maior variabilidade e maior amplitude dos dados (Anexo 1). Além disso, cerca de 5% dos pontos ficaram fora

dos limites de controle, o que indica a ocorrência de causa especial associada a essa densidade.

Zhen (2020), ao analisar as respostas de emergência de plântulas de amendoim sob estresse provocado pela profundidade de semeadura, observou que a variação na profundidade influencia diretamente o tempo e a uniformidade da emergência. Em seu estudo, constatou-se que a cultura levou aproximadamente 12 dias para emergir totalmente e 19 dias para a estabilização das plântulas. Os resultados deste trabalho apresentam uma tendência semelhante, pois o tempo médio de emergência (TM) observado entre as diferentes densidades alinha-se ao período de emergência relatado pelo autor.

De forma semelhante, Grotta (2008), ao investigar a influência da semeadura e da compactação do solo sobre o desenvolvimento inicial e a produtividade do amendoim, observou, que a cultura levou aproximadamente 10 dias para estabilizar sua emergência. O autor ressalta que a compactação e a deposição das sementes afetam diretamente a velocidade e a uniformidade da emergência. Comparando esses resultados com os obtidos neste trabalho, observa-se que o comportamento do Tempo Médio de Emergência apresenta tendência semelhante à descrita por Grotta (2008). Pequenas diferenças observadas entre os tempos de estabilização podem ser atribuídas às condições ambientais específicas durante a condução do experimento, como variações na temperatura, na umidade do solo e na densidade populacional.

A Distribuição Longitudinal (Figura 8a, b, c, d) mostrou que, nos tratamentos com 19, 21, 23 e 25 sementes m^{-1}, os valores médios de espaçamento entre plantas foram de 11,66; 9,48; 9,32 e 9,49 cm, e as porcentagens de falhas registradas foram de 47,78%, 42,22%, 28,89% e 35,56% respectivamente, indicando variações na uniformidade da deposição das sementes entre os diferentes tratamentos. A densidade de 23 sementes$\cdot m^{-1}$ apresentou a distribuição mais uniforme e a menor incidência de falhas, embora duas observações tenham ultrapassado o limite superior de controle. De modo geral, todas as densidades excederam a faixa esperada (Tabela 4), evidenciando falhas na uniformidade da semeadura, com uma porcentagem relativamente alta.

Cortez (2006), ao analisar a distribuição longitudinal das plantas de soja, observou que, em média, 59,25% dos espaçamentos foram considerados aceitáveis, 22,60% falhos e 18,60% duplos. Embora se trate de uma cultura diferente, esses resultados podem servir como referência para o amendoim, sugerindo que os padrões ideais de uniformidade variam entre culturas. Enquanto a soja apresentou uma maior proporção de espaçamentos aceitáveis, no amendoim a porcentagem maior foi em falhos, isso indica que a uniformidade não depende apenas do

espaçamento adotado, mas também da densidade populacional e do manejo da semeadura. Isso reforça a importância de monitorar cuidadosamente a deposição das sementes, garantindo um estande homogêneo e produtivo.

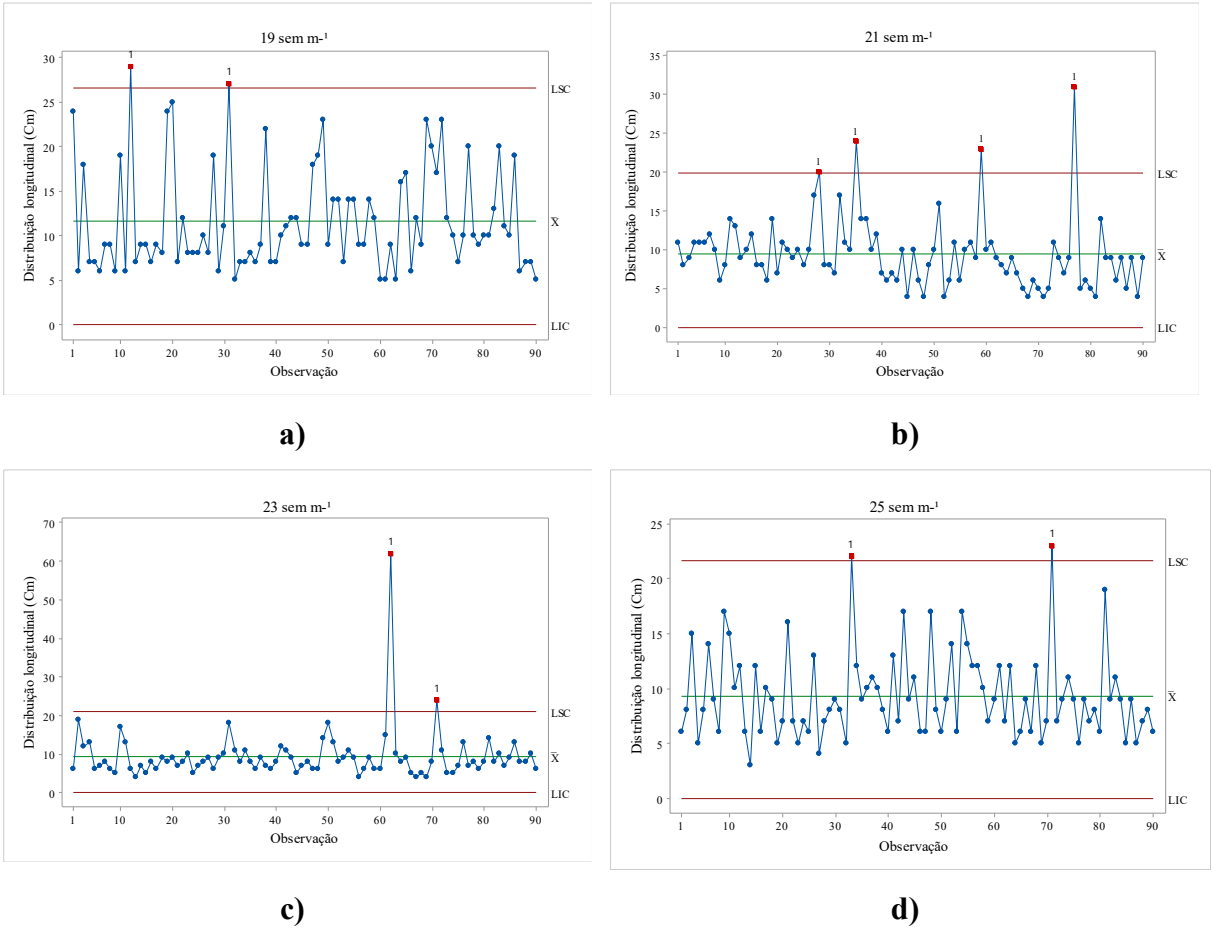
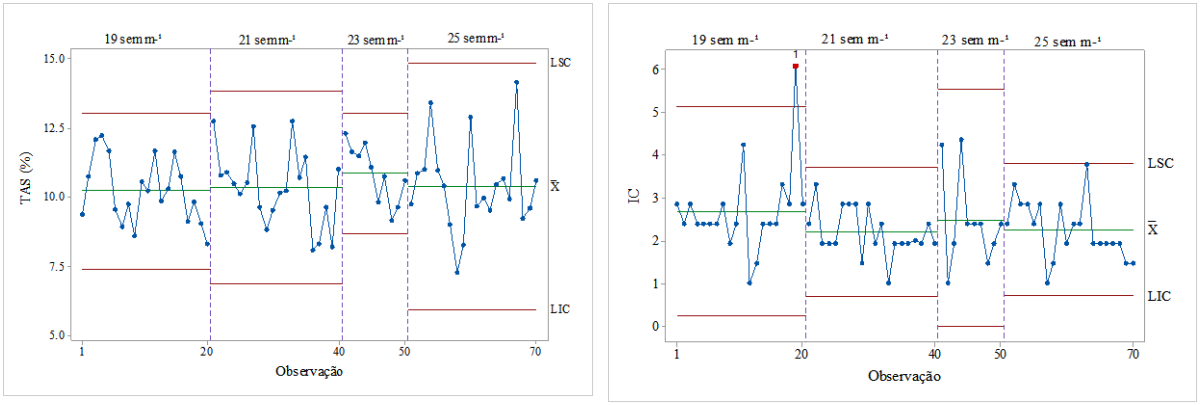


Figura 8 – Cartas de Controle de valores individuais para: Distribuição longitudinal.

5.4 Variáveis coletadas previamente à colheita

O Teor de Água no solo (Figura 9a) variou entre 10,21% e 10,85%. A densidade de 23 sementes m^{-1} apresentou a menor variabilidade e amplitude (Anexo1), indicando maior uniformidade na distribuição dos valores. Em contrapartida, a densidade de 25 sementes m^{-1} apresentou a maior variabilidade e amplitude (Anexo1), refletindo maior dispersão e instabilidade dos dados. Para o Índice de Cone (Figura 9b), observou-se comportamento inverso ao verificado para o Teor de Água no Solo. A densidade de 25 sementes m^{-1} apresentou menor variabilidade, indicando maior estabilidade dos dados. Os valores médios variaram entre 2,25 e 2,69 MPa, sugerindo aumento da resistência mecânica do solo à penetração, essa condição pode estar relacionada a maiores níveis de compactação. Os resultados indicam que o aumento da compactação do solo está associado à redução da disponibilidade hídrica. As densidades que apresentaram menores teores de água também demonstraram maior resistência à penetração, o

que pode estar relacionado à diminuição da porosidade, redução da capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo.



a) b)

Figura 9 – Cartas de Controle de valores individuais para: a) Teor de Água no Solo; b) Índice de cone antes da colheita.

A determinação do Teor de Água no Solo e a avaliação do índice de cone são fatores que podem influenciar a colheita mecanizada. O tráfego de máquinas agrícolas em condições inadequadas de umidade pode favorecer o aumento da compactação do solo, reduzir a porosidade e elevar o índice de cone, tornando as vagens mais resistentes durante o arranquio. Essa resistência pode aumentar a força necessária para o desprendimento das vagens, o que, por sua vez, pode comprometer o rendimento e elevar as perdas durante a colheita.

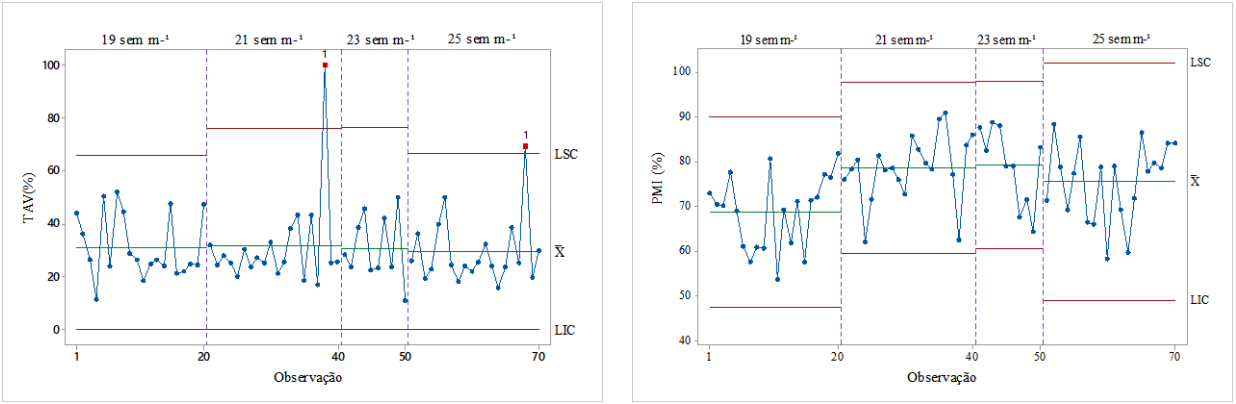
O ginóforo do amendoim também se torna mais suscetível à ruptura quando o solo apresenta alta compactação ou baixo teor de água, dificultando o arranquio. Por outro lado, teores de água excessivos podem favorecer a aderência de partículas às vagens, o que também contribui para perdas. Assim, recomenda-se que as operações mecanizadas ocorram com teor de água entre 12% e 18%, faixa considerada ideal para o arranquio e colheita mecanizada (Zerbato et al., 2014). Cavichioli et al. (2014), aponta que níveis elevados de água no solo podem prejudicar o desempenho das máquinas durante a operação. O excesso de umidade dificulta e atrasa a entrada das máquinas no campo. Por outro lado, solos muito secos podem impossibilitar a penetração das facas do arrancador ou, ainda, proporcionar profundidade inadequada. Além disso, oferecem maior resistência ao redor das vagens durante o arranquio e contribuem com a ruptura do ginóforo (SILVA, 2019).

5.5 Variáveis após a colheita

O Teor de Água nas Vagens (TAV) (Figura 10a) a densidade com 25 sementes m^{-1} apresentou (27,18%) de água presente nas vagens e menor variabilidade. Essa densidade também apresentou a menor amplitude, o que indica maior estabilidade do processo. A

densidade com 23 sementes m^{-1} apesentou a maior variabilidade e consequentemente maior porcentagem de água nas vagens (35,82%). Apenas a densidade de 21 sementes^{-1} apresentou padrão não aleatório de Mistura (p=0,03), indicando uma instabilidade significativa (Tabela 5).

O PMI (Figura 10b), observa-se que a densidade com 23 sementes m^{-1} apresentou a menor variabilidade e maior índice de maturação (79,1%). O tratamento com 19 sementes m^{-1} apresentou maior variabilidade e menor índice de maturação (68,59%), indicando maior presença de frutos que ainda não haviam atingido o ponto ideal de colheita. Entre os índices de maturação do amendoim, as classes de cor que apresentaram maior predominância foram a marrom (V_M) e a preta (V_P), correspondentes aos estágios mais avançados de maturação das vagens.



a) **b)**

Figura 10: Cartas de Controle de valores individuais para; a) Teor de Água das Vagens (%) e b) Maturação (%).

Para compreender a variabilidade da Maturação e Teor de Água nas Vagens ao longo do tempo, foi importante considerar os fatores fisiológicos da planta e as condições ambientais que influenciam seu desenvolvimento. Entre eles, destacam-se o vigor das sementes utilizadas, que é 70%, a umidade do solo, que atingiu 10,85%, e temperatura podendo interferir na, emergência e maturação das plantas. TAV é um indicador importante, pois o ponto ideal de colheita também depende da umidade. Segundo Segato e Penariol (2007), os valores de Teor de Água das vagens no arranquio variam normalmente de 35 a 45%. Os resultados deste estudo estão alinhados a essa faixa. Contudo, observa-se uma variabilidade e pontos fora de controle indicando instabilidade no processo.

A análise do PMI revelou um processo contínuo de desenvolvimento das vagens, indicando um avanço consistente na maturação dos frutos. Entretanto, os resultados evidenciam certa heterogeneidade no processo de maturação, a qual pode estar associada a fatores genéticos

e ambientais. Por se tratar de uma planta com crescimento indeterminado, continua emitindo flores e formando vagens em diferentes estágios de desenvolvimento ao longo do ciclo. O arranquio do amendoim deve ser realizado no ponto ideal de maturação, estimado entre 70 e 75% (Santos et al., 2013), para assegurar a qualidade das vagens e sementes. No presente estudo, apenas a densidade de 19 sementes m^{-1} apresentou desvio desse estágio ideal, ou seja, nessa densidade pode ter ocorrido alguma interferência do meio. Alguns fatores podem ter influenciado a maturação, incluindo a disponibilidade de água no solo, como ilustrado na (Figura 9a), em que a densidade apresentou a menor disponibilidade hídrica. Variações na disponibilidade de água, quando associadas à diversidade genética das plantas, podem afetar tanto a uniformidade quanto a produtividade da cultura (Vishnuprabha et al., 2023).

Ao analisar PVA (Figura 11), observa-se que os valores foram elevados, principalmente para o tratamento com 21 $sementes^{-1}$ com maior variabilidade. A mesma densidade apresentou um padrão de mistura (p= 0,01) (Tabela 5). Isso sugere que, nessa condição, há uma ausência de pontos próximos à linha central, ou seja, os pontos se alteram. Além disso, mostrou um padrão de oscilação significativo (p=0,04) indicando a existência de um padrão repetitivo na distribuição. As densidades de 19 e 25 sementes m^{-1} apresentaram a melhor resposta para essa variável, com menor variabilidade e melhor distribuição dos dados.

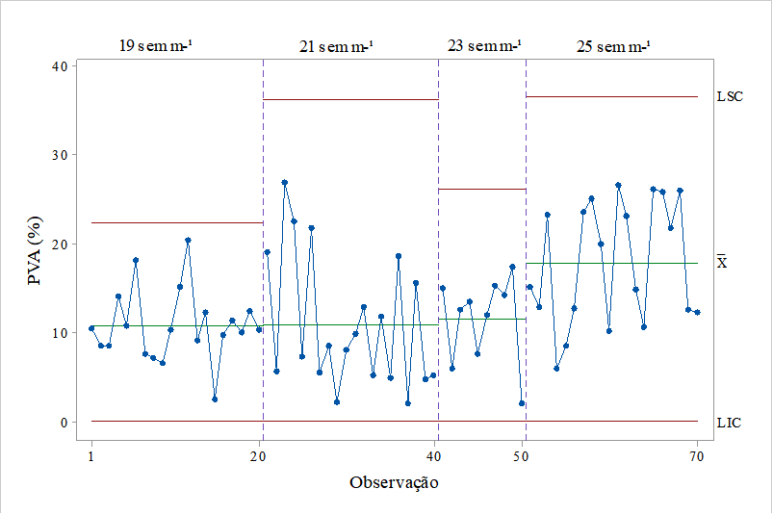


Figura 11: Carta de controle de valores individuais para Perdas Visíveis no arranquio (%).

Ainda que os valores de PVA se mostrem elevados em relação aos parâmetros recomendados para o amendoim, podem estar associados a diversos fatores, entre eles as condições do solo, que apresentavam elevada compactação, conforme demonstrado (Figura 9 b), com valores de Índice de Cone superiores a 2 MPa. O período em que a cultura permaneceu na área, as condições de manejo não foram favoráveis, e o excesso de compactação do solo contribuiu para a formação de sulcos de erosão ao longo do ciclo da cultura. Além disso, tais

variações entre os valores podem estar relacionadas aos processos mecânicos envolvidos no momento do arranquio. Essas condições podem ter contribuído para o acréscimo das perdas, conforme também relatado por Almeida et al. (2018).

Neste estudo, as perdas variaram de 10% a 25%, valores superiores aos encontrados p que observou perdas visíveis de até 14,8%, e por Santos (2013), que registrou 4,6%. Segundo esses autores, fatores como compactação do solo, teor inadequado de umidade e irregularidades na operação de arranquio estão entre as principais causas do aumento das perdas. Assim, os resultados deste estudo indicam que as condições físicas do solo e o manejo operacional da colheita podem ter influenciado nos resultados, o que explica os elevados índices de perdas e corrobora as evidências reportadas na literatura.

6 CONCLUSÃO

As densidades de 23 e 25 sementes m^{-1} apresentaram os melhores resultados gerais, porém com desempenhos distintos entre as etapas avaliadas. A densidade de 23 sementes m^{-1} mostrou uma melhor uniformidade de distribuição das plantas, enquanto a densidade de 25 sementes m^{-1} apresentou maior estabilidade em variáveis associadas à colheita mecanizada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. R. et al. Desempenho operacional e perdas na colheita de amendoim com diferentes sistemas de trilha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 674–679, 2018.

ASIK, B. B.; UZUN, A.; ACIKGÖZ, E. Impacto da taxa de semeadura e da cultivar na absorção de nutrientes da ervilha em condições de solo fértil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 80, p. 11–20, 2020.

BOLONHEZI, D.; GODOY, I. J.; SANTOS, R. C. Manejo cultural do amendoim. In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. (org.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 1–585.

CATTAN, P.; FLEURY, A. Produção de flores e crescimento em plantas de amendoim. **European Journal of Agronomy**, v. 8, p. 13–27, 1998.

CAVICHIOLI, F. A. et al. Perdas quantitativas de amendoim nos períodos do dia em sistemas mecanizados de colheita. **Revista Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 3, p. 211–215, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo levantamento, safra 2024/2025**. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab. Acesso em: 2025.

DEMIR, İ. Efeitos da competição entre e dentro das linhas sobre o crescimento e os componentes de rendimento do girassol (Helianthus annuus L.) em condições de sequeiro. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 30, p. 147–153, 2020.

DE JESUS, M. A.; BARBOSA, R. M.; VIEIRA, R. D. O controle estatístico de processo aplicado ao processamento de sementes de amendoim. **South American Sciences**, v. 1, n. 2, e2056, 2020. DOI: 10.17648/sas.v1i2.56.

FAO. **FAOSTAT – Crops**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: http://www.fao.org/faostat. Acesso em: 29 abr. 2020.

FRANCETTO, T. R.; SILVA, R. P.; GÍRIO, L. A. S. **Manual de máquinas agrícolas: volume I**. Jaboticabal: Funep, 2024.

GROTTA, D. C. C. et al. Influence of sowing depth and soil compaction on peanut productivity. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 547–552, 2008.

GU, M. et al. Situação atual e estratégias de desenvolvimento da pesquisa sobre colhedoras combinadas de amendoim com alimentação parcial. **Sustainability**, v. 17, p. 1708, 2025. DOI: 10.3390/su17041708.

HALDER, D. et al. Assessment of future climate variability and potential adaptation strategies on yield of peanut and Kharif rice in Eastern India. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 140, n. 3, p. 823–838, 2020. DOI: 10.1007/s00704-020-03123-5.

ISAWA, K. Y. et al. Gestão da qualidade: análise através do controle estatístico do processo (CEP). **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 7, e4947, 2024.

KURACHI, S. A. H. et al. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 249–262, 1989.

MONTGOMERY, D. C. Control charts for variables. In: MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 6. ed. Arizona: Wiley, 2009a. p. 226–268.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. E-book.

NAKAGAWA, J. et al. Efeito da densidade de semeadura na produção de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 10, p. 1547–1555, 1994.

NEVES, F. P. et al. The economic importance of the peanuts production chain. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 17, 2023. DOI: 10.18011/bioeng.2023.v17.1186.

NHS SCOTLAND. **Statistical process control: tutorial guide**. Disponível em: http://www.indicators.scot.nhs.uk. Acesso em: 28 abr. 2012.

OLIVA-CRUZ, M. et al. Agronomic behavior of peanut cultivars under three planting densities in Peru. **Agronomy**, v. 14, n. 9, p. 1905, 2024.

OLIVEIRA, C. **Plantação de amendoim: tudo que você precisa saber**. 2023. Disponível em: https://blog.aegro.com.br/plantacao-de-amendoim/. Acesso em: 9 maio 2024.

OLIVEIRA, E. G.; ANTUNES, V. H. Avaliação das perdas quantitativas no arranquio mecanizado de amendoim com e sem piloto automático. *(Trabalho acadêmico – dados incompletos)*.

PEREIRA, N. O. et al. Qualidade operacional da colheita mecanizada do amendoim. **South American Sciences**, v. 1, n. 2, e2068, 2020. DOI: 10.17648/sas.v1i2.68.

RAMOS, L. F. et al. Produção de amendoim em diferentes densidades populacionais. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 8, n. 19, e082503, 2025.

ROWLAND, D. L. et al. Determination of maturity and degree day indices in peanut. **Peanut Science**, v. 33, n. 2, p. 125–136, 2006.

RUIZ, F. F. et al. Densidade de sementes e época de semeadura para cultivares de amendoim. **South American Sciences**, v. 3, n. 2, e22185, 2022.

SANTOS, E. P. D. et al. Produtividade e perdas de amendoim em cinco datas de arranquio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 695–702, 2013. DOI: 10.1590/S1806-66902013000400005.

SEGATO, S. V.; FERNANDES, C.; SENE PINTO, A. **Expansão e renovação de canavial**. Piracicaba: Editora CP, 2007.

SILVA, R. P. Colheita mecanizada de amendoim. In: **Avanços na produção de amendoim**. Jaboticabal: Funep, 2019. p. 129–141.

SILVA, R. P.; FRANCETTO, T. R. **Manual de máquinas agrícolas: volume II**. Jaboticabal: Funep, 2025.

SIQUEIRA, P. L. D. O. F. et al. Fertilidade do solo sob copa de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 914–919, 2014.

SRIVASTAVA, A. K. et al. Fruit, nut and vegetable harvesting. In: **Engineering principles of agricultural machines**. 2. ed. St. Joseph: ASABE, 2006. p. 437–490.

STOLF, R. Fórmulas de transformação de dados de penetrômetro. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 1990. p. 823–836.

TASSO JUNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; NOGUEIRA, G. A. **A cultura do amendoim**. Jaboticabal: Funep, 2004.

TAVARES, A. E. B. et al. Densidade de plantio na produção de ervilha-de-vagem. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 289–293, 2016. DOI: 10.1590/S0102-053620160000200021.

TOLEDO, A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Quality of cut in mechanized harvest of sugarcane. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 6, p. 384–389, 2013.

USDA. **Amendoim 2023: produção mundial**. Washington, 2023. Disponível em: https://ipad.fas.usda.gov. Acesso em: 18 mar. 2024.

USDA. **Oilseeds: world markets and trade**. Washington, 2024. Disponível em: https://fas.usda.gov. Acesso em: 18 mar. 2024.

VISHNUPRABHA, R. S. et al. Genetic diversity in groundnut genotypes. **Vegetos**, v. 36, n. 4, p. 1550–1556, 2023.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma**. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

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

ZERBATO, C. et al. Quality control to seeding systems in peanut crop. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 6, p. 992–998, 2014.

ZHANG, Y. et al. Mechanical properties of peanuts during harvesting. **AgriEngineering**, v. 6, n. 3, p. 3070–3083, 2024. DOI: 10.3390/agriengineering6030176.

ZHAO, C. et al. Aumento de temperatura reduz rendimentos globais. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 35, p. 9326–9331, 2017. DOI: 10.1073/pnas.1701762114.

ZHEN, X. et al. Respostas do crescimento do hipocótilo ao estresse por profundidade de semeadura. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 67, n. 4, p. 519–535, 2020. DOI: 10.1080/03650340.2020.1737856.

ANEXO 1

Tratamento	Variável	Nº Total de pontos	Estabilidade	Pontos fora controle		LSC	LIC	Variabilidade (LSC-média)	Média	DP	CV (%)	Mediana	Amplitude	Cs	Ck	AD	Normalidade
19 Sem m-²	TM	20	Sim	0	0%	12.12	10.61	0.8	11.3	0.30	2.68	11.37	1.10	-1.03	0.76	0.600	A
21 Sem m-²		20	Não	1	5%	12.72	9.51	1.6	11.1	0.90	8.16	11.35	4.46	-3.62	14.81	6.610	N
23 Sem m-²		20	Sim	1	5%	11.66	10.32	0.7	11.0	0.45	4.15	11.10	1.25	-0.11	-1.59	4.810	N
25 Sem m-²		20	Não	2	10%	11.80	10.65	0.6	11.2	0.33	2.94	11.34	1.28	-1.36	1.54	8.420	N
19 Sem m-²	CVE	20	Sim	0	0%	11.62	10.44	0.6	11.03	0.210	1.91	10.99	0.90	0.46	0.560	0.1	A
21 Sem m-²		20	Não	1	5%	12.50	9.71	1.4	11.10	0.710	6.45	10.97	3.69	3.53	14.650	0.6	A
23 Sem m-²		20	Não	1	5%	11.90	10.05	0.9	10.98	0.220	2.06	10.91	0.72	0.31	-0.52	0.44	A
25 Sem m-²		20	Não	1	5%	11.68	10.27	0.7	10.98	0.260	2.44	10.99	1.38	-0.62	3.710	0.98	A
19 Sem m-²	TAS (%)	20	Sim	0	0%	13.05	7.37	2.8	10.21	1.19	11.66	10.04	3.95	0.25	-1.00	0.630	A
21 Sem m-²		20	Sim	0	0%	13.81	6.85	3.5	10.33	1.39	13.46	10.35	4.65	0.15	0.38	0.933	A
23 Sem m-²		10	Sim	0	0%	13.03	8.67	2.2	10.85	1.04	9.17	10.92	3.13	-0.28	-1.11	0.200	A
25 Sem m-²		20	Sim	0	0%	14.94	5.92	4.5	10.38	1.63	7.26	10.18	6.87	0.70	0.97	0.67	A
19 Sem m-²	IC	20	Não	1	5%	5.13	0.25	2.4	2.69	1.02	38.01	1.01	5.05	1.91	6.04	1.73	N
21 Sem m-²		20	Sim	0	0%	4.08	0.42	1.8	2.25	0.58	26.06	1.01	2.29	0.08	-0.28	0.97	A
23 Sem m-²		10	Sim	0	0%	5.51	0.60	3.1	2.45	1.07	43.65	1.02	3.24	0.94	0.35	0.73	A
25 Sem m-²		20	Sim	0	0%	3.80	0.71	1.5	2.26	0.68	30.30	1.01	2.75	0.36	-0.06	0.46	A
19 Sem m-²	PMM(%)	20	Não	1	5%	89.82	47.35	21.2	68.59	8.19	11.94	70.14	27.97	-0.20	-99.00	0.45	A
21 Sem m-²		20	Não	1	5%	97.62	59.32	19.2	78.47	7.49	9.55	78.29	28.87	-0.70	0.83	0.46	A
23 Sem m-²		20	Sim	0	0%	97.75	60.45	18.7	79.10	8.71	11.01	80.72	24.47	-0.63	-0.89	0.38	A
25 Sem m-²		20	Sim	0	0%	101.95	48.95	26.5	75.45	8.86	11.52	78.09	29.99	-0.48	-0.59	0.44	A
19 Sem m-²	TAAV (%)	20	Sim	0	0%	65.80	0.00	34.6	31.21	12.04	38.57	26.29	40.84	0.51	-1.00	1.18	N
21 Sem m-²		20	Não	0	0%	63.20	0.00	33.9	29.34	11.99	40.86	25.35	52.93	2.30	6.42	1.64	N
23 Sem m-²		20	Sim	0	0%	110.80	0.00	75.0	35.82	24.97	69.43	28.03	88.89	2.18	5.58	1.01	A
25 Sem m-²		20	Sim	0	0%	51.30	3.00	24.1	27.18	7.39	27.21	25.33	25.16	0.54	-0.64	0.45	A
19 Sem m-²	PROD (kg/ha)	20	Sim	0	0%	2557.00	1093.00	731.7	1825.30	421.70	23.10	1843.90	1615.10	0.21	-0.35	0.24	A
21 Sem m-²		20	Não	1	5%	62.17.00	0.00	349.0.0	2727.00	1007.00	36.91	2847.00	3547.00	-0.17	-0.48	0.26	A
23 Sem m-²		20	Sim	0	0%	3516.00	0.00	2094.0	1512.00	667.00	44.11	1239.00	1760.00	1.20	0.06	0.87	A
25 Sem m-²		20	Não	1	5%	2020.00	252.00	884.0	1136.00	400.30	35.24	1103.70	1538.00	0.78	0.36		A
19 Sem m-²	PVA(%)	20	Não	0	0%	22.29	0.00	11.5	10.77	4.03	37.39	10.28	17.94	0.62	1.28	0.17	A
21 Sem m-²		20	Não	0	0%	36.19	0.00	25.3	10.91	7.38	67.61	8.29	24.76	0.79	-0.54	0.81	A
23 Sem m-²		20	Não	0	0%	26.18	0.00	14.6	11.54	4.83	41.87	13.00	15.45	-0.97	0.14	0.46	A
25 Sem m-²		20	Não	0	0%	36.56	0.00	18.7	17.83	6.88	38.61	17.54	20.55	-0.13	-1.58	0.85	A