UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

JOSÉ CARLOS FELIX JÚNIOR

TRANSPLANTADORA DE ABACAXI: ESTUDO DE UM SISTEMA DE TRANSPLANTIO

CAMPINAS
2022

JOSÉ CARLOS FELIX JÚNIOR

TRANSPLANTADORA DE ABACAXI: ESTUDO DE UM SISTEMA DE TRANSPLANTIO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, na Área de Máquinas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Albiero

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO JOSÉ CARLOS FELIX JÚNIOR, E ORIENTADO PELO PROF. DR. DANIEL ALBIERO.

CAMPINAS

2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

F335t

Felix Júnior, José Carlos, 1976-
Transplantadora de abacaxi : estudo de um sistema de transplantio / José Carlos Felix Júnior. – Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Daniel Albiero.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Abacaxi - Cultivo. 2. Abacaxi - Qualidade. I. Albiero, Daniel, 1975-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Pineapple transplanter : study of a transplant system
Palavras-chave em inglês:
Pineapple - Cultivation
Pineapple - Quality
Área de concentração: Máquinas Agrícolas
Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola
Banca examinadora:
Daniel Albiero [Orientador]
Angel Pontin Garcia
José Paulo Molin
Data de defesa: 19-04-2022
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)
- ORCID do autor: https://orcid.org/0000-0002-9770-7541
- Currículo Lattes do autor: http://lattes.cnpq.br/8253870127153349

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **José Carlos Felix Júnior**, aprovada pela Comissão Julgadora em 19 de Abril de 2022, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Prof. Dr. Daniel Albiero – **Presidente e Orientador**
FEAGRI / UNICAMP – Campinas - SP

Prof. Dr. Angel Pontin Garcia – **Membro Titular**
FEAGRI / UNICAMP – Campinas - SP

Prof. Dr. José Paulo Molin – **Membro Titular**
ESALQ / USP – Piracicaba - SP

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

DEDICATÓRIA

A Deus, aos famíliares, amigos e ao orientador
pelo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela dádiva da vida, por me dar força para vencer as dificuldades, por estar presente em todos os momentos e por concluir mais uma meta na minha vida.

Agradeço aos meus pais José Carlos Felix e Maria Aparecida Pinto Felix, a esposa Alessandra de Abreu Mascarenhas, a filha Ariany Felix, e aos meus irmãos e irmãs, pelo amor, apoio, carinho, paciência e incentivo.

Agradeço ao Professor Dr. Daniel Albiero, O Mestre, O Orientador, por acreditar em mim, pela amizade verdadeira, por mostrar-me o caminho da ciência, contribuindo para o meu crescimento profissional.

Agradeço aos membros da banca, Professor Dr. Angel Pontin e ao Professor Dr. José Molin, pelas contribuições ao trabalho.

Agradeço aos professores Dr. Roberto Funes Abrahão e Dr. Mauro José Andrade Tereso, pelo incentivo e apoio para continuar os estudos.

Agradeço a todos os Professores e Funcionários da FEAGRI/UNICAMP pelos ensinamentos, ajuda e convivência.

Agradeço a Universidade Estadual de Campinas, em especial à Faculdade de Engenharia Agrícola, pelo acolhimento, pela oportunidade e pela disponibilização da sua estrutura para a realização deste trabalho.

Agradeço a colega Doutoranda Jenyffer da Silva Gomes Santos pelo auxílio no desenvolvimento da dissertação.

Agradeço ao amigo Dr. Frederico Reinaldo Corrêa de Queiroz por ter contribuido na pesquisa de campo.

Agradeço ao Wagner Guidi em nome da empresa Motoagro por ter cedido a máquina de Transplantio de mudas de abacaxi para estudo.

RESUMO

A maioria dos produtores de abacaxi plantam as mudas de abacaxi manualmente impactando em alto custo com a mão de obra, por isso durante o período de plantio aumenta-se a demanda por mão de obra para executar a operação. Assim, são necessários estudos sobre sistemas de plantio que auxiliam o produtor a reduzir os custos de produção do abacaxi e permitam o aumento na capacidade operacional e de campo, da produtividade, com qualidade e homogeneidade na distribuição das plantas, diminuindo os problemas oriundos da escassez de mão de obra. O presente estudo teve como objetivo avaliar o plantio mecanizado na cultura do abacaxi, analisando as variáveis: capacidade operacional, capacidade de campo e homogeneidade na distribuição das plantas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído pelo sistema de plantio mecanizado com 1500 amostras. Os dados foram coletados separadamente no local e armazenados em planilha do software Excel; em seguida, foram submetidos aos testes de normalidade utilizando software Minitab, e aplicado o método estatística descritiva, gráfico da média móvel exponencial ponderada e gráfico de não conformidade. Os resultados mostram que o sistema de plantio mecanizado de mudas apresentaram padrão na distribuição das mudas, possibilitando a melhoria na uniformidade no transplantio de mudas, resultando na homogêniedade da distribuição das plantas.

Palavras-chave: Cultivo de abacaxi**.** Qualidade. Eficiência. Produtividade

ABSTRACT

Most pineapple producers plant pineapple seedlings manually, resulting in high labor costs, so during the planting period the demand for labor increases to perform the operation. Thus, studies are needed on planting systems that help the producer to reduce pineapple production costs and allow an increase in operational and field capacity, in productivity, with quality and homogeneity in the distribution of plants, reducing the problems arising from scarcity of manpower. The present study aimed to evaluate the mechanized planting in the pineapple crop, analyzing the variables: operational capacity, field capacity and homogeneity of plant distribution. The experimental design was completely randomized, consisting of a mechanized planting system with 1500 samples. Data were collected separately on site and stored in an Excel software spreadsheet; then, they were submitted to normality tests using Minitab software, and the descriptive statistics method, weighted exponential moving average graph and non-conformity graph were applied. The results show that the mechanized seedling planting system showed a pattern in the seedling distribution, enabling an improvement in the uniformity in seedling transplanting, resulting in the homogeneity of the distribution of the plants.

Keywords: Pineapple cultivation. Quality. Efficiency. Productivity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção de Abacaxi - principais mesorregiões e municípios……21
Figura 2. Imagem de um abacaxizeiro maduro com fruto com coroa, filhotes e rebentões, utilizados como mudas (A) e esquema para reconhecimento da mudas disponíveis nas plantas adultas (B)…….....26
Figura 3. Imagem do sistema de plantio em fileiras simples (A) e sistema de plantio em fileiras duplas, (B) formando um triângulo…….……...30
Figura 4. Esquema demonstrativo de sistema de plantio em fileiras simples (A) e dupla (B)….30
Figura 5. Cultura do abacaxi em sistema de plantio mulching……...……....31
Figura 6. Sistema semi-automático para coletas de abacaxis…….32
Figura 7. Equipamento manipulador com microcontrolador AT89C1…….…..33
Figura 8. Roçadeira manual com o acoplamento do suporte coletor de abacaxi…….33
Figura 9. Colheita de abacaxi com suporte…….34
Figura 10. Cortador de soqueira de abacaxi……...……...….34
Figura 11. Puncionadora para semear sementes em canteiros cobertos por filmes plásticos….35
Figura 12. Máquina transplantadora de hortículas……...……..36
Figura 13. Área experimental……...…….39
Figura 14. Transplantadora com trator valmet 880 utilizado para plantio…….……40
Figura 15. Principais mecanismos traseiro da transplantadora…….……...……...40
Figura 16. Principais mecanismos dianteiro da transplantadora…….……...41
Figura 17. Rotor heptágono……...……..…….…41
Figura 18. Muda sendo plantada……...…….……..…….…42
Figura 19. Demarcação das linhas de plantio…….....43
Figura 20. Avaliação na distribuição longitudinal das mudas de abacaxis……..….43
Figura 21. Medição vertical da profundidade de plantio das mudas de abacaxis……..….43
Figura 22. Gráfico da média móvel exponencialmente ponderada do espaçamento entre mudas……52
Figura 23. Gráfico NP – Não conformidade do espaçamento entre mudas……..….53
Figura 24. Gráfico de controle do índice de Profundidade……...…..55
Figura 25. Gráfico da Análise da profundidade de plantio …….……..……55
Figura 26. Gráfico de NP – não conformidade profundidade no plantio……..…56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custos operacionais de produção do abacaxi em Conceição do Araguaia (PA), Santa Rita (PB) e Arapiraca (AL)……. 22
Tabela 2: Custo de produção e receita de um hectare (ha) de abacaxi no espaçamento de 0,8 x 0,3m (41.666 plantas)…….……...……22
Tabela 3: Custo de produção e receita de um hectare (ha) de abacaxi no espaçamento de 0,9 x 0,4 x 0,3m (51.280 plantas)……...……...……..23
Tabela 4: Recomendação de nutrição vegetal para cultura do abacaxizeiro em função da característica do solo…….24
Tabela 5: Recomendação de adubação mineral para cultura do abacaxi no estado de São Paulo em função da produtividade estimada. Fonte: Adaptado de IAC / Boletim 100, 1997……..…25
Tabela 6: Recomendação de espaçamento para a cultura do abacaxizeiro BRS-RBO recomedado pela EMBRAPA para o Esado do Acre…….29
Tabela 7: Classificação do processo pelo índice Cp …….……...48
Tabala 8: Classificação do processo pelo índice Cpk …….…….…….....49
Tabela 9: - Estatística descritiva básica do espaçamento entre mudas……..….51
Tabela 10: - Classificação de ocorrência …….…….53
Tabela 11: - Estatística descritiva da profundidade das mudas…….54

LISTA DE EQUAÇÕES

$CE = \frac{Atr}{\Delta t} \cdot 0{,}36$ Equação 1 45

$C = \frac{v.w}{10}$ Equação 2 45

$E = \frac{CO}{CE} * 100$ Equação 3 45

$zi = \lambda . \sum_{0}^{i-1} (1-\lambda).x_{i-j} + (1-\lambda)^{i}.zo$ Equação 4 47

$LSC = \mu + L.\sigma . \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} . [1-(1-\lambda)^{2i}]}$ Equação 5 47

$LIC = \mu - L.\sigma . \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} . [1-(1-\lambda)^{2i}]}$ Equação 6 47

$C_p = \frac{LSE\text{-}LIE}{6\sigma}$ Equação 7 47

$C_{pk} = \min (C_{ps}, C_{pi})$ Equação 8 48

$C_{ps} = \frac{LSE\text{-}\mu}{3.\sigma}$ Equação 9 48

$C_{pi} = \frac{\mu\text{-}LIE}{3.\sigma}$ Equação 10 48

$$Cpc = \frac{LSE - LIE}{6.(\sqrt{\frac{\pi}{2}}).E|X - T|)}$$ Equação 11 48

$$c = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}|Xi - T|$$ Equação 12 48

$$P\{D = x\} = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad x = 0, 1, \ldots, n$$ Equação 13 49

$$\hat{p} = \frac{D}{n}$$ Equação 14 49

$$\mu_{\hat{p}} = p$$ Equação 15 49

$$\sigma^2_{\hat{p}} = \frac{p(1-p)}{n}$$ Equação 16 49

$$\text{UCL} = \mu_w + L\sigma_w$$ Equação 17 50

$$\text{Linha Central} = \mu_w$$ Equação 18 50

$$\text{LCL} = \mu_w - L\sigma_w$$ Equação 19 50

$$\text{UCL} = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$ Equação 20 50

$$\text{Linha Central} = p$$ Equação 21 50

$$LCL = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$ Equação 22 50

SUMÁRIO

1 Introdução 17
1.1 Ojetivos 18
1.2 Objetivo Geral 18
1.3 Objetivos específicos 18
2 Revisão bibliográfica 19
2.1 A Cultura do abacaxi 19
2.2 Panorâmica econômico 19
2.3 Produção nacional 20
2.4 Custo de produção 21
2.5 Aspectos agronômicos da cultura do abacaxi 24
2.5.1 Obtenção e manejo de mudas 25
2.5.1.1 Tipos de mudas do abacaxizeiro 26
2.5.1.2 Considerações sobre as mudas do abacaxizeiro 27
2.5.2 Implantação da cultura 27
2.5.2.1 Época de plantio 27
2.5.2.2 Preparo e correção do solo 27
2.6 Plantio do abacaxi 28
2.7 Sistema de plantio da cultura do abacaxi 29
2.8 Densidade no plantio 31
2.9 Mecanização da cultura do abacaxi 32
2.9.1 Puncionadoras 35
2.9.2 Transplantadoras 37
2.10 Avaliação 38
3 Material e métodos 39
3.1 Local do estudo 39
3.2 Transplantadora de mudas de abacaxi 40
3.3 Avaliação da distribuição do plantio das mudas de abacaxi 42
3.4 Avaliação do espaçamento entre mudas 42
3.5 Avaliação da profundidade do plantio das mudas 44
3.6 Velocidade de deslocamento 44
3.7 Capacidade de campo efetiva 45
3.8 Capacidade operacional 45
3.9 Eficiência de campo 45
3.10 Estatística 46
3.11 Metodologia para avaliação da qualidade 45
3.11.1 Planejamento estatístico 46
3.11.2 Controle estatístico do processo (CEP) 46
3.11.3 Média móvel exponencialmente ponderada (MMEP) 46
3.11.4 Índice de capacidade (CP) 50
3.11.5 Gráfico de controle de não conformidade 51
4 Resultados e discussão 51
4.1 Espaçamento entre mudas 54

4.2 Profundidade entre mudas 56
4.3 Eficiência de campo 55
5 Conclusão 57
Referências bibliográficas 58

1 INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro é uma cultura que se estabelece de forma manual e a qualidade do fruto está diretamente relacionada ao nível de tecnificação e cuidados na implantação da cultura quanto ao espaçamento e adubações, luminosidade, pluviometria e tratos culturais e, tem-se observado na literatura consultada que os custos relacionados a mão-de-obra representam até 43,2% do custeio na implantação da cultura (CONAB, 2020).

O plantio do abacaxi deve ser realizado de preferência, no início da estação chuvosa ou dependendo da umidade do solo, da disponibilidade de mudas e da época que deseja colher o fruto, podendo ser feito em covas, sulcos e fendas (plantio inclinado).

Na ausência de sulcador, as covas podem ser abertas com enxada, pá de plantio tipo havaiano ou com coveadeira (mecanizada), em filas simples ou duplas, em terrenos com declive, as covas ou sulcos devem ser dispostos em curva de nível. Os solos devem ser de textura média (areno-argilosa) ou leve (arenosa), e bem drenados, de preferência planos, com boa profundidade e com pH em torno de 5.0 (CUNHA, 1999).

A distância entre as plantas pode variar de acordo com a variedade, o destino da produção, o nível de mecanização e outros fatores. Para produção de frutos in natura ou suco, o espaçamento deve ser mais fechado - frutos com peso variando de 1,1 a 1,5kg. Na produção para industrialização devem ser utilizados espaçamentos maiores (menos plantas por área) - frutos acima de 1,5kg (REINHARDT et al., 2006).

Transplantadoras são equipamentos agricolas de grande utilização em culturas hortícolas, florestais, plantio de mudas de abacaxi, mudas de café, cana de açúcar dentre outros cultivos em que as mudas são transplantadas para o local definitivo. A maioria das transplantadoras são constituida por um chassi, que são acoplados os elementos de plantio, como sulcadores para deposição da muda e adubo com sistema de recobrimento e compactação da muda, acoplamento ao trator, bancos e coberturas para proteção dos operadores rurais e estas máquinas também pode acompanhar chassi pantográfico que possibilita a transplantadora acompanhar as imperfeições do solo sem que haja modificação da profundidade na distribuição das mudas e adubo, devido aos desníveis do solo.

O princípio de funcionamento se baseia em colocar as mudas em calhas e tubos heptáganos pelo operador rural até a muda alcançar o sulco, aberto por um elemento sulcador sendo recobertas por terra por disco flexivel rotativo.

Dentre dos inúmeros desafios para o desenvolvimento, os agricultores estão buscando novas técnicas de plantio, tecnologias, mecanização visando a otimização e redução dos custos.

Com base nisso, uma hipótese para resolver esse problema é o uso da tecnologia mecanizada aplicada com qualidade e homogeneidade na distribuição das plantas, reduzindo os problemas provenientes da escassez de mão de obra no campo.

Os sistemas mecanizados empregados no sistema de produção desta cultura têm se restringido a aplicação dos tratos culturais na preparação do solo, adubações e aplicação de defensivos, assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho do transplantio mecanizado da cultura do abacaxi quanto a viabilidade operacional, capacidade de campo e a qualidade na homogeneidade da distribuição das plantas.

1.1 Objetivos

Para a execução do trabalho foram propostos os seguintes objetivos:

1.2 Objetivo Geral

Analisar mediante metodologias estatística o desempenho e a qualidade do plantio mecanizado utilizando a transplantadora de mudas de abacaxi de quatro linhas, com análise das dimensões entre plantas, profundidade de plantio e a capacidade de campo da máquina.

1.3 Objetivos específicos

• Avaliar a qualidade do plantio verificando a homogeneidade da distância entre plantas e profundidade do plantio.

• Analisar capacidade de campo da máquina durante o plantio;

• Avaliar a capacidade operacional da máquina, verificando os tempos de manobra dentro da área do experimento, manuseio das mudas e setup para entrar em operação.

2 BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Cultura do Abacaxi

Segundo Santana et al. (2001) o abacaxi sempre foi um fruto presente na mesa do consumidor, destacando no setor da fruticultura, apreciado em todo o mundo devido ao adocicado e qualidade deste fruto, mas principalmente pela importância econômica e social da cultura por ter os tratos culturais e plantio como atividade que precisa de muita mão-de-obra.

Matos et al. (2006) relatam que o abacaxi é um fruto rico em vitaminas, minerais e enzimas que são benéficas a saúde, sendo consumido in natura e industrializado em forma de suco, em caldas e geleias, sendo extremamente diurético. De acordo com Reinhard & Cunha (2006) o abacaxi também é usado para produção de álcool para uso farmacêutico, vinagre, ácido cítrico, vinho e as folhas pode estar obtendo as fibras. Além do mais, gera muitos resíduos que são aproveitados pela indústria que fabrica alimentação animal.

A Embrapa tem pesquisas em desenvolvimento de novas variedades de abacaxi visando o mercado produtor. Como por exemplo o lançamento da variedade imperial, extremamente resistentes a doenças, elevando a produtividade da produção do setor abacaxizeiro. Já o Instituto Agronômico de Campinas (IAC) fez o lançamento da variedade Gomo de Mel, que naturalmente ocorre a separação dos frutilhos manualmente eliminando o processo de descascamento mecânico. No Brasil as variedades cultivadas e comercializadas são a Smooth Cayenne e Pérola, sendo a variedade Pérola a mais cultivada nacionalmente.

Conforme Gasques et al. (2014) o Brasil é um dos países que está se destacando no cenário mundial com melhor desempenho e com elevação da produtividade agrícola. Dentre os fatores que alavancaram o crescimento da produtividade estão os investimentos em pesquisa agrícola visando a melhoria da tecnologia para a agricultura tropical, estando disponíveis aos produtores e a agroindústria.

2.2 Panorâmica Econômico

Segundo dados do IEA – Instituto de Economia Agrícola (2019), o Brasil está entre os três maiores produtores mundial de frutas, com uma produção estimada de 41 milhões de toneladas, sendo cultivado em uma área aproximada de 2,4 milhões de hectares. Deste total produzido, 3 a 5% foram exportadas e o setor é responsável pela geração de 6 milhões de empregos diretos, representando 27,0 % dos empregos gerados pela agricultura nacional.

De acordo com a Conab (2020), as principais regiões produtoras de abacaxi no mundo é o continente asiático, com 43,6% (67,4 milhões de toneladas), seguida das Américas, com 36,9% (57,0 milhões de toneladas). A região africana é a terceira maior produtora, com

representação de 19,0% da produção mundial (29,4 milhões de toneladas) e a Europa e Oceania não possuem uma produção representativa.

Conforme Crestani et al. (2010) o Continente Americano é o maior exportador de abacaxi, e a Ásia se destaca na exportação da fruta processada. Nos Estados Unidos da América e na Europa estão os principais mercados consumidores de grande relevância, contudo, os países europeus têm presença destacada no mercado internacional como exportadores de abacaxi enlatado. Estes, além de apresentarem preços superiores, por agregarem valor ao produto processado, tem seu tempo de prateleira maior do que o ao produto in natura.

De acordo com a FAO – Food and Agriculture Organization (2019), a comercialização mundial de abacaxi industrializado (importação mais a exportação) entre 2012 a 2016, movimentou em torno de 11,0 milhões de toneladas correspondendo a US$12,2 bilhões de dólares.

2.3 Produção Nacional

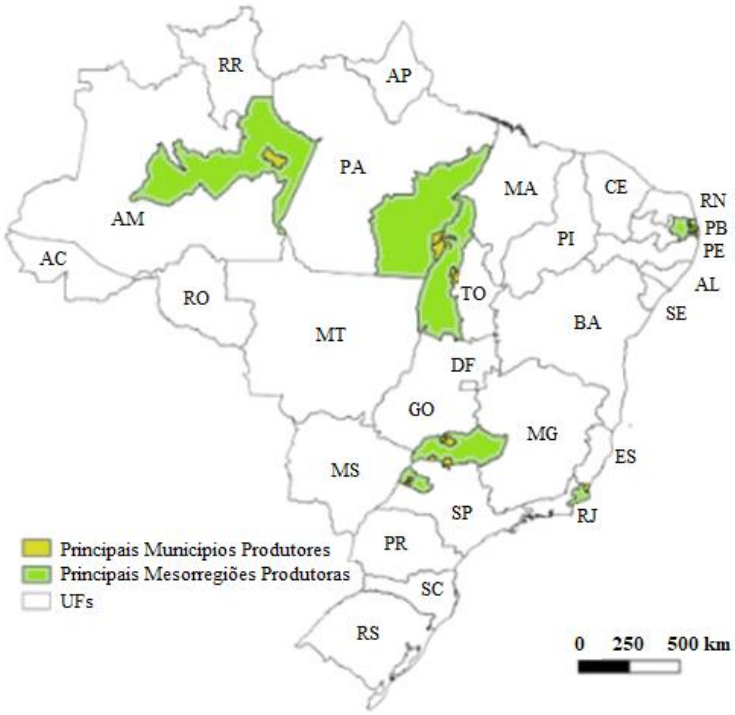
Dados do IBGE (2019) apontam que o Brasil produziu mais de 1.6 milhões de frutas em aproximadamente 67.320 hectares, movimentando R$1,9 trilhões.

No inventário realizado pela CONAB (2020), utilizando dados compilados até 2017, o Nordeste é a principal região produtora de abacaxi (35,0%), Norte (30,0%) e Sudeste (28,0%), Centro-Oeste (6,0%) e Sul com 1,0%. Os principais estados produtores, por região são: Nordeste (Paraíba, Bahia e Rio Grande do Norte); Norte (Amazonas e Tocantins); e no Sudeste (Minas Gerais e Rio de Janeiro). Assim o Norte, Nordeste e Sudeste, representam 71,0% da produção nacional.

Nas mesorregiões conforme observado na Figura 1, do Centro Amazonense, Sudeste Paraense e Ocidental do Tocantins, sete municípios produzem cerca de 520 milhões de frutos, que representam 74,0% da produção Norte. Nas mesorregiões do Nordeste, a Zona da Mata e Agreste Paraibano, sete municípios colhem 48,0% da produção nordestina. No Sudeste, o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, (seis municípios), do Norte Fluminense (um município) e na região de Araçatuba (dois municípios) produzindo 78,0% do abacaxi na Região Sudeste (CONAB, 2020).

Considerando a distribuição geográfica nacional, o estudo revelou que 23 municípios são os principais produtores de abacaxi no Brasil, e considerando a produção em localidades com produção superior a 50 milhões de frutos, apenas Itacoatiara (AM), Floresta do Araguaia (PA), Itapororoca (PB), Pedras de Fogo (PB), Frutal (MG) e São Francisco do Itapabapoana (RJ) são representativos. (CONAB, 2020).

Figura 1. Produção de Abacaxi – principais mesorregiões e municípios



Fonte: Adaptado de CONAB (2020).

2.4 Custo de Produção

Tomando-se como base o compêndio de estudo sobre a cultura do abacaxi realizado pela Conab (2020) que adotou 3 municípios: Conceição do Araguaia (PA), Santa Rita (PB) e Arapiraca (AL), com objeto de análise sobre custo de produção da cultura do abacaxi, apresentados na Tabela 1 possibilitou algumas considerações.

Neste cenário, sabe-se que o custo de produção tem relação direta com a tecnologia utilizada no plantio e o valor dos insumos empregados de cada mercado pesquisado. Com estes dados, observou-se que o grau de tecnologia empregado nos sistemas produtivos é considerado como mediano, visto não haver investimentos em assistência técnica, tendo como resultado a produtividade média de 27,5 toneladas por hectare.

O custeio refere-se a 89,7% do custo operacional e o custo variável tem participação em torno de 98,0% do custo operacional, o que denota que é baixo o ativo imobilizado do produtor e a compra das mudas é um outro fator com forte participação no custeio (21,5%), o que sinaliza a existência de produtores com especialização na formação de mudas. Também observou-se o uso intensivo de mão de obra, que apresenta um gasto médio de 43,2% do custeio, o que demonstra a sua importância no processo produtivo (CONAB, 2020).

Tabela 1. Custos operacionais de produção de abacaxi em Conceição do Araguaia (PA), Santa Rita (PB) e Arapiraca (AL).

DISCRIMINAÇÃO	SANTA RITA (PB) Produtividade: 44 T/HA Tecnologia Média Safra: 2019/2020			CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA (PA) Produtividade: 27,5 T/HA Tecnologia Média Safra: 2019/2020			ARAPIRACA (AL) Produtividade: 21,3 T/HA Tecnologia Média Safra: 2019/2020		
	R$/HA	Custo/T	Participação(%)	R$/HA	Custo/T	Participação(%)	R$/HA	Custo/T	Participação(%)
Aluguel de Máquinas	-	-	-	450,00	16,36	3,58%	-	-	-
Mão de Obra	12.247,50	27,35	46,61%	5.420,00	197,09	43,17%	11.508,25	239,76	43,92%
Administrador	79,84	1,81	0,30%	89,80	3,27	0,72%	249,52	5,20	0,95%
Fertilizantes	4.575,40	101,99	17,41%	1.714,50	62,35	13,66%	5.172,00	107,75	19,74%
Agrotóxicos	1.950,30	44,32	7,42%	592,60	21,55	4,72%	2.925,14	60,94	11,16%
Embalagens e Utensílios	-	-	-	194,00	10,69	2,34%	599,40	12,49	2,29%
Mudas	-	98,18	16,44%	2.700,00	98,18	21,51%	2.250,00	46,88	8,59%
TOTAL CUSTEIO	**23.173,04**	**532,66**	**83,19%**	**11.260,90**	**409,49**	**89,70%**	**22.704,31**	**473,01**	**86,64%**
OUTRAS DESPESAS									
Despesas Administrativas	695,19	15,80	2,65%	337,83	12,28	2,69%	681,13	14,19	2,60%
Assistência Técnica	-	-	-	-	-	-	454,09	9,46	1,73%
CESSR	803,88	18,27	3,06%	460,69	16,75	3,67%	840,00	17,50	3,21%
TOTAL OUTRAS DESPESAS	**1.499,07**	**34,07**	**5,71%**	**798,52**	**29,04**	**6,36%**	**1.975,22**	**41,15**	**7,54%**
DESPESAS FINANCEIRAS									
Juros de Financiamento	802,29	18,23	3,05%	227,11	8,25	1,81%	1.021,33	21,28	3,90%
CUSTO VARIÁVEL	**25.474,40**	**578,96**	**96,95%**	**12.286,53**	**446,77**	**97,87%**	**25.700,86**	**534,43**	**97,89%**
Depreciações	765,00	17,39	2,91%	193,14	7,02	1,54%	390,00	8,13	1,49%
Manutenção Periódica Benif. / Instal.	-	-	-	33,6	1,22	0,27%	-	-	-
Encargos Sociais	36,40	0,83	0,14%	40,94	1,49	0,33%	113,76	2,37	0,43%
CUSTO FIXO	**801,40**	**18,21**	**3,05%**	**267,68**	**9,73**	**2,13%**	**903,76**	**10,50**	**1,92%**
CUSTO OPERACIONAL	**26.275,80**	**597,27**	**100,00%**	**12554,21**	**456,51**	**100,00%**	**26.204,62**	**545,93**	**100,00%**

Fonte: Adaptado de Conab, 2020.

De acordo com Reinhardt (2000), os custos da produção de abacaxi estão ligados a tecnologia empregado nos tratos culturais e de insumos. Na Tabela 2, são apresentados os custos de produção de um hectare de abacaxi em fileiras simples no espaçamento de 0,80 m x 0,30 m (41.666 plantas/ha).

Tabela 2. Custo de produção e receita de um hectare de abacaxi no espaçamento de 0,8 x 0,3m (41.666 plantas/ha).

Custos	%	U$$
Insumos	52,27	2085,86
Irrigação	21,12	842,88
Preparo do solo / plantio	11,89	474,32
Tratos culturais	9,91	395,5
Colheita	4,82	192,36
Custo de produção / hectare		3990,93

Fonte: Adaptado de Reinhardt (2000)

Os insumos utilizados pelos produtores são os maiores custos observados, representando 52,3%, seguidos dos custos de irrigação (21,1%), enquanto que o preparo do solo e plantio, os tratos culturais/fitossanitários e a colheita representam 11,9%, 9,9% e 4,8%, respectivamente. O investimento aplicado para produzir conforme o custo total da produção de abacaxi é de US$ 3.990,93, indicando a aplicação de um montante considerável de capital, sendo necessário produzir de forma consciente e profissional.

A receita global para a produção do abacaxi tendo como referência aos números utilizados pela Conab, (2019) é de US$ 5.999,30. Subtraindo o custo total, tem-se uma margem bruta de US$ 2.008,37/ha/ciclo, tendo como resultado benefício/custo de US$ 1,50, representado que para cada dólar investido retornam US$ 1,50 brutos, ou US$ 0,50 líquidos.

A Tabela 3 apresenta os custos de produção e receita de um hectare (ha) de abacaxi no sistema de produção em fileiras duplas com espaçamento de 0,9 x 0,4 x 0,3m (51.280 plantas/ha) e observa-se que esses custos são 15,5% superiores no plantio em fileiras simples.

Tabela 3. Custo de produção e receita de um hectare de abacaxi no espaçamento de 0,9 x 0,4 x 0,3m (51.280 plantas/ha).

Custos	%	U$$
Insumos	55,46	2556,57
Irrigação	18,29	843,12
Preparo do solo / plantio	11,74	541,18
Tratos culturais	9,47	436,54
Colheita	5,04	232,33
Custo de produção / hectare		4.609,75

Fonte: Adaptado de Reinhardt (2000)

O custo total deste sistema de produção de abacaxi é de US$4.609,75 distribuídos da seguinte forma: 55,5% para insumos, 18,3% para os custos de irrigação e 11,7%, 9,5% e 5,0%, para o preparo do solo e plantio, tratos culturais/fitossanitários e colheita, respectivamente.

De acordo com Reinhardt (2000) a densidade de 51.280 plantas/ha e prevendo as perdas no processo produtivo, espera-se a colheita de 41.000 frutos, dos quais 28.700 frutos considerado como qualidade de primeira (70,0% são frutos com peso superior a um quilo) e 12.300 frutos (30,0% são frutos com peso inferior a um quilo).

Para os mesmos preços de frutos considerados no sistema de produção anterior, foi calculado o valor da produção (US$ 7.380,00), sendo que os frutos de primeira (frutos com peso superior a um quilo) representaram um montante de US$ 6.027,00, enquanto que os de segunda (frutos com peso inferior a um quilo) contribuíram com US$1.353,00. Descontando o custo total, obtém-se uma margem bruta de bruta de US$ 2.770,25 ha/ciclo, resultando numa relação custo / benefício de 1,60, indicando que para cada dólar investido, retornam US$ 1,60 brutos, ou US$0,60 líquidos.

2.5 Aspectos Agronômicos da Cultura do Abacaxi

Fruta de origem tropical, o abacaxizeiro apresenta melhor desenvolvimento e produção de frutos quando cultivado em faixas com temperatura que vão de 22°C a 32°C, insolação entre 2.500 e 3.000 horas sendo pouco tolerante ao sombreamento (ANDRADE NETO et al., 2018). Estes autores ainda complementam que a cultura requer aporte hídrico entre 180 e 500 mm ao longo de 12 meses, mas deve-se evitar déficit hídrico principalmente na fase vegetativa e de floração.

Em um levantamento realizado por colaboradores da Embrapa na publicação "Sistema de Produção da Cultura do Abacaxi para o Estado do Acre", a Tabela 4 apresenta as recomendações de nutrição do abacaxizeiro conforme a aptidão do solo em que se implantará a cultura.

Tabela 4. Recomendação de nutrição vegetal para cultura do abacaxizeiro em função da característica do solo.

Parâmetro	Classe de aptidão do solo			
	Preferencial (4)	Recomendável (3)	Pouco Recomendável (2)	Não recomendável (1)
Drenagem	Bem drenado	Moderamente drenado	Imperfeitamente drenado, acentuadamente drenado	Mal drenado, muito mal drenado, excessivamente drenado, fortemente drenado >20
Relevo (%)	<3	>3 <8	>8 <20	>20
Profundidade efetiva (cm)	>80	>70 < 80	< 70	-
Grupamento textual	Médio (<35% argila e > 15% areia)	Arenoso (< 155 argila e > 70% areia) Argiloso (35% < argila < 60%)	Muito argiloso (> 60% argila)	Siltoso (< 35% argila e < 15% areia)
pH	4,5 - 5,5	5,6 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0
Saturação de bases (%)	> 50,0	> 20,0 - 50,0	6,1 - 7,0	-
Al (cmolc / dm3)	< 0,30	0,3 - 1,0	> 1,0	-
Carbono (g / kg)	> 20,0	4,0 - 20,0	< 4,0	-
CTC (cmolc / dm3)	>15,0	>4,5 - 15,0	< 4,50	-
Cálcio (cmolc / dm3)	>4,0	1,5 - 4,0	< 1,5	-
Fósforo (cmolc/ dm3)	>15,0	>5,0 - 15	≤ 5,0	-
Potássio (cmolc/ dm3)	> 0,40	> 0,08 - 0,40	≤ 0,08	-
Saturação de Aluminio (%)	< 15	15 - 50	> 50	-

Fonte: Adaptado Cunha et al. 1999)

Conforme IAC – Instituto Agronômico de Campinas no boletim 100 (1997) apresenta as recomendações para plantio de abacaxi no estado de São Paulo com espaçamento de fileiras duplas de 40 cm com 1,2 m entre linhas (31.250 plantas/ha) a recomendação de calagem deve elevar a saturação por base em 50,0% e o teor de magnésio a um mínimo de 5 mmol/dm³. A Tabela 5 apresenta as recomendações de adubação mineral em relação à análise de solo em função da produtividade esperada.

Tabela 5. Recomendação de adubação mineral para cultura do abacaxi no estado de São Paulo em função da produtividade estimada.

Produtividade esperada	N	P resina, mg/dm3			k * trocável, mmolc/dm3		
		0 - 12	12 - 30	> 30	0-1,6	1,6-3,0	>3,0
t / ha	N, kg/ha	P2O6, kg/ha			K20, kg /ha		
<30	300	80	60	40	300	200	100
30 - 40	400	100	80	60	400	300	200
40 - 50	600	120	100	80	500	400	300
> 50	600	140	120	100	600	500	400

Fonte: Adaptado de IAC / Boletim 100, 1997.

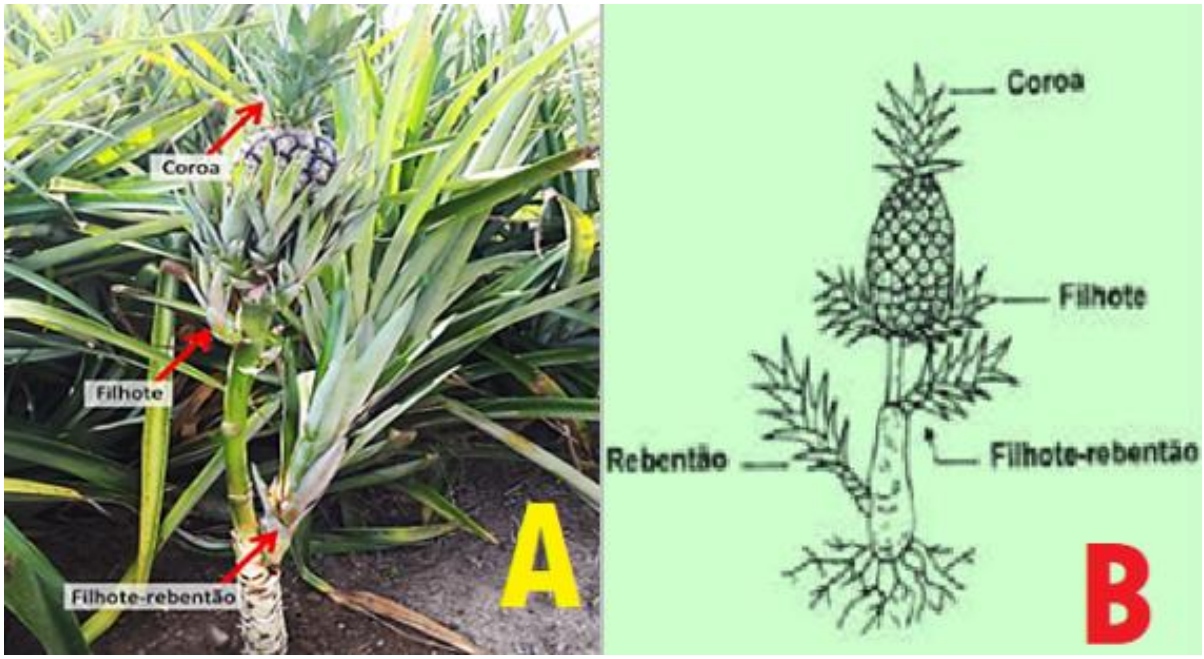
A aplicação do fósforo deve ser agregada ao solo no sulco do plantio nos meses de março e abril. O nitrogênio e o potássio são aplicados como adubação de cobertura ao lado das linhas, mas deve-se permitir que certa parcela caia nas axilas mais velhas da planta. Aplicação de 10,0% do recomendado em abril-maio; 20,0% em novembro, 40,0% em janeiro e os 30,0% restantes em março-abril do ano seguinte. Na 2ª safra (soca), a recomendação é aplicar metade da dose recomendado para o plantio, objetivando a disponibilidade dos nutrientes na época das águas; contudo, a última adubação nitrogenada deve ocorrer, no máximo, 60 dias antes de se aplicar o regulador de florescimento.

Para Minas Gerais, a Comissão de Fertilidade do Solo (1989) preconiza a seguinte estratégia de adubação: NC (t/ha)= Y x Al + [X - (Ca + Mg)], onde Y varia de 1 a 3, em função da textura do solo, e X = 2,0 para a maioria das culturas.

2.5.1 Obtenção e manejo de mudas

Andrade Neto et al. (2019) preconizam que o plantio do abacaxizeiro pode ser feito a partir de diferentes tipos de mudas, tais como: coroa, filhote, filhote-rebentão conforme Figura 2 e em laboratórios se produzem mudas a partir do seccionamento do caule e tecidos micro propagados (NOGUEIRA et al. 2018).

Figura 2. Imagem de um abacaxizeiro maduro com fruto com coroa, filhotes e rebentões, utilizados como mudas (A) e esquema para reconhecimento das mudas disponíveis nas plantas adultas (B).



Fonte: Adaptado de Andrade Neto et al. (2019)

2.5.1.1 Tipos de mudas do abacaxizeiro

a) Coroa: não recomendada por estar aderida ao fruto destinado ao mercado de fruta fresca, são menos vigorosas e, porém, resultar em um maior ciclo da planta (tempo do plantio à colheita).
b) Filhote ou muda de cacho: muda localizada abaixo dos frutos, de fácil colheita, vigorosa e de grande disponibilidade.
c) Filhote-rebentão: muda localizada entre o filhote e o rebentão, apresenta reduzida expressão por ser pouco disponível. Essa muda dará origem ao segundo ciclo do abacaxi, denominado "soca".
d) Rebentão: muda localizada na base da planta, rente ao solo, que apresenta maior vigor, promove menor ciclo da planta, porém menos uniforme em peso e tamanho, menor disponibilidade e mais vulnerável às florações naturais.
e) Mudas provenientes de seccionamento do caule ou de rebentos: esse método possibilita a oferta de mudas vigorosas e uniformes. A qualidade fitossanitária é uma das principais vantagens do método já que o corte do caule permite visualizar as partes internas, possibilitando o descarte do material afetado por podridões. As cultivares BRS RBO ou Rio Branco, chegam a apresentar, no mínimo, 95,0% de brotação aos 40 dias após o plantio em viveiro.
f) Mudas produzidas em laboratório por micro propagação: apresentam excelente sanidade. Em laboratório é possível produzir grande quantidade de mudas em um espaço físico reduzido. A

grande desvantagem desse método é o ciclo vegetativo mais longo e o preço das mudas que chega a R$ 1,50 por unidade nas biofábricas (FACHINELLO et al. 2005).

2.5.1.2 Considerações sobre as mudas do abacaxizeiro

O plantio deve ser feito com mudas livres de sintomas de ataques de pragas e doenças ou que o número de frutos e plantas doentes tenha sido o mínimo possível, em torno de 5%. Essas garantias podem ser alcançadas por produtores registrados no Ministério da Agricultura, uma vez que a produção será fiscalizada de modo a garantir a qualidade das mudas.

É possível plantar as mudas em slabs (sacos plásticos também conhecidos como travesseiros), que são preenchidos com substrato e furados para que as plantas possam se desenvolver. Os slabs são colocados em bancadas para que as mudas fiquem suspensas e não tenham contato com chão (CANGUSSU, 2021).

As mudas devem ter, no mínimo, 30 cm de altura para que sejam usadas em novos plantios e não se recomenda mudas originadas da soca, pois existe significativa possibilidade de infestação de pragas e doenças em função da longevidade da planta mãe.

2.5.2 Implantação da cultura

2.5.2.1 Época de plantio

O plantio pode ser feito em qualquer época do ano, principalmente quando se combinam diversas práticas agrícolas, incluindo irrigação, que propicia a produção de frutos durante todo o ano. Nas condições de sequeiro, o plantio deve ser realizado no final da estação seca e início da estação chuvosa ou ser realizado durante os meses de maior intensidade de chuvas. Neste caso, optar por mudas maiores, acima de 40 cm, para que as plantas não sejam infectadas por podridões, e, se possível, por solo protegido com alguma cobertura verde ou morta.

Caso o plantio seja realizado no final do período chuvoso ou em uma época em que as plantas estejam sujeitas ao déficit hídrico, é necessário que a área seja irrigada, pois o abacaxizeiro requer água contínua nos primeiros 5 a 6 meses para completar o seu ciclo vegetativo normal.

2.5.2.2 Preparo e correção do solo

Para o desenvolvimento e aprofundamento das raízes da planta, o solo deve ser preparado utilizando-se uma aração e duas gradagens nos dois sentidos do terreno, até atingir a

profundidade de 20 a 30 cm. A correção da acidez deve ser feita no mínimo 30 dias antes da instalação da cultura, preferencialmente com calcário dolomítico, com base na análise de solo, com o objetivo de elevar o pH até 5,5 e a saturação de base para 60,0%.

2.6 Plantio do abacaxi

Por ser uma cultura sazonal (safra), o plantio do abacaxi deve ser escalonado de forma a propiciar renda ao produtor ao longo do ano, através do plantio em épocas distintas que propiciem renda nas colheitas ao mesmo tempo que usufrui das condições pluviométricas favoráveis, onde usualmente se adota, quando não há irrigação, a época mais indicada é no final da estação seca e início do período chuvoso, final de outubro a início de novembro.

Contudo, o plantio pode se dar em qualquer época desde que haja um sistema de irrigação indicado para o abacaxizeiro. Neste caso, um calendário de plantio pode ser criado com a finalidade de planejar datas de colheita.

De uma forma geral, mesmo plantadas na mesma época do ano, mudas de maior tamanho tendem a atingir as características desejáveis (porte e tamanho) à indução do florescimento em menor tempo ou idade, ou seja, entre 9 e 10 meses após o plantio. Mudas de menor porte atingem tamanho adequado à indução floral mais tardiamente, normalmente acima de 12 meses.

Quando se deseja garantir frutos o ano inteiro, o uso de reguladores vegetais nos cultivos torna-se obrigatório, tanto para induzir quanto para retardar o florescimento natural das plantas. Com essa tecnologia, o abacaxicultor obtém produção mais homogênea, além de um planejamento com segurança das épocas de colheita.

A indução floral deve ser realizada de 5 a 6 meses antes da colheita planejada e as plantas devem estar bem formadas, com vigor vegetativo e porte adequado. Isso geralmente é atingido de 9 a 12 meses após o plantio. Para promover a indução pode ser utilizado o carbureto de cálcio (0,5 g a 1,0 g no olho de cada planta) ou produto à base de etefon (1,5ml do produto comercial por litro de água a 2,0% de ureia).

Após cinco, seis meses da indução floral, é possível se iniciar a colheita quando os frutos apresentarem os primeiros sinais de amarelamento da casca para o mercado de produto in natura e, quase totalmente maduro para as indústrias de processamento.

Antes da colheita dos frutos e das mudas do tipo filhote, é recomendável a poda da ponta das folhas com facão abaixo do cacho de mudas, a fim de permitir uma maior penetração

da luz na parte inferior das plantas. Esse procedimento acelera e uniformiza a emissão de brotações e o desenvolvimento dos rebentões.

Esse desbaste favorece também a “soca”, ou seja, a segunda colheita, que pode melhorar a rentabilidade da cultura, embora se saiba que os frutos sejam inferiores em peso e qualidade. Essa prática ainda permite uma cobertura vegetal parcial nas entrelinhas e, quando realizada antes da colheita, facilita a movimentação dos operários. Contudo, essa poda não pode ser drástica, ou prejudicará o desenvolvimento dos rebentões.

2.7 Sistema de plantio da cultura do abacaxi

Os abacaxicultores tradicionalmente, costumam utilizar espaçamentos maiores, o que implica em poucas plantas por hectare. Na Tabela 6 observa-se o número de plantas por hectare no plantio de mudas em fileiras simples e duplas através da indicação de espaçamento entre plantas e linhas cultivadas.

Tabela 6. Recomendação de espaçamento para a cultura do abacaxizeiro BRS-RBO recomendado pela EMBRAPA para o Estado do Acre.

Tipo de plantio	Distância entre filas e plantas (m)	Plantas por hectare
Filas simples	0,90 x 0,30	37000
	0,90 x 0,50 x 0,40	35715
	0,90 x 0,40 x 0,40	38460
	0,90 x 0,50 x 0,30	47619
	0,90 x 0,40 x 0,30	51282
Filas duplas	1,00 x 0,40 x 0,40	35715
	1,20 x 0,40 x 0,40	31250
	1,20 x 0,40 x 0,35	35714
	1,20 x 0,35 x 0,35	36867
	1,20 x 0,30 x 0,30	44445

Fonte: Adaptado de Andrade Neto et al. (2019).

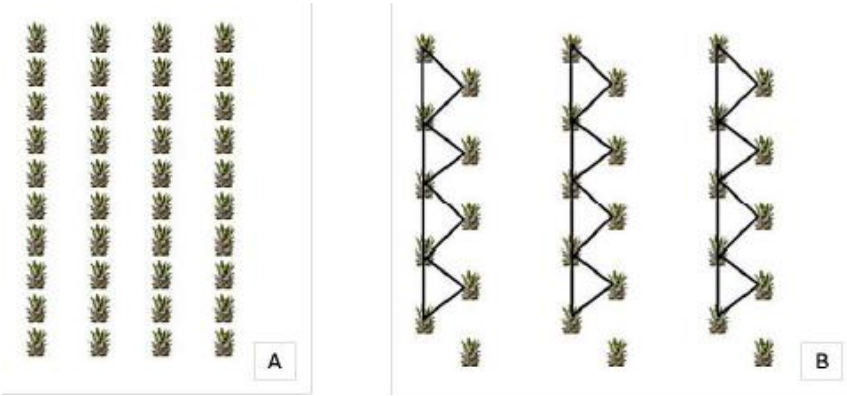
De acordo com Andrade Neto (2019) o plantio pode ser realizado em fileiras simples ou duplas Figura 3. Embora nas fileiras simples os tratos culturais sejam facilitados, recomenda-se priorizar o sistema de fileiras duplas por possibilitar maior produtividade e maior estabilidade do plantio frente a intempéries, como ventos fortes e radiação, que possam provocar, respectivamente, tombamento de plantas e queima solar dos frutos. Em fileiras duplas

recomenda-se que as fileiras simples sejam plantadas de modo que as plantas formem um triângulo conforme observado na Figura 4.

Figura 3. Imagem do sistema de plantio em fileiras simples (A) e sistema de plantio em fileiras duplas (B) formando um triângulo.

Fonte: Adaptado de Andrade Neto et al. (2019).

Figura 4. Esquema demonstrativo de sistema de plantio em fileiras simples (A) e dupla (B).



Fonte: Adaptado de Andrade Neto et al. (2019).

O plantio do abacaxi pode ser consorciado com outras culturas nas entrelinhas com pomares de citros, manga, coco, abacate e de outras fruteiras de porte arbóreo, de ciclo longo ou perene, é uma boa opção para a exploração mais intensiva da terra disponível, servindo para custear a instalação da cultura principal (REINHARDT et al. 2000).

Outra forma de se implantar a cultura se dá através da cobertura das linhas de plantio com um filme plástico de polietileno preto ou prata conhecido como mulching (Figura 5) ou plasticultura, disponível no mercado. Essa cobertura prejudica a emergência e crescimento das plantas daninhas por impedir a passagem de luz, que é essencial para fotossíntese, proporcionando, assim, maior tempo para o início do controle (ANDRADE NETO, 2019).

Figura 5. Cultura do abacaxi em sistema de plantio mulching.

Fonte: Adaptado de Andrade Neto et al. (2019).

2.8 Densidade no plantio

Há décadas, tem se estudado a densidade de planta por área na cultura do abacaxi, pois é frequente que quando a população cresce, o rendimento por unidade de área aumenta, sendo a densidade ótima aquela que proporciona ao agricultor um maior retorno líquido.

Kist et al. (1991) realizaram estudo sobre a densidade populacional no Rio Grande do Sul, utilizando a variedade Smooth Cayenne, em cinco tratamento com espaçamentos que variavam de 90 x 40 x 25cm até 90 x 40 x 45cm e também foi proporcional o aumento de rendimento por área sem afetar o tamanho do fruto, do grau de Brix ou acidez.

Santana et al. (2001) também avaliaram o adensamento da cultura com a variedade Smooth Cayenne na região dos Tabuleiros Costeiros do norte da Bahia, com espaçamentos entre linhas duplas e entre linhas simples na fila dupla (90 x 40 cm, 90 x 30 cm, 80 x 30 cm, 70 x 30 cm) e três espaçamentos entre plantas nas linhas de plantio (30 cm, 25 cm, 20 cm) e constataram que o peso do fruto, as suas dimensões e a sua qualidade (açucares, acidez, teor de suco, relação açúcares/acidez) não foram significativamente influenciados pelas densidades de plantio estudadas, mantendo-se dentro dos padrões da cultivar.

2.9 Mecanização da cultura do abacaxi

Ripoli et al. (2010) menciona que a mecanização é um conjunto de máquinas que estão preparadas para estar realizando todas as atividades agrícolas, desde a preparação da terra para plantio até a colheita.

Mialhe (2012) descreve a relação das máquinas de plantio, cultivo, aplicação de fertilizantes e de defensivos desde a preparação do solo executam um grupo de operações intermediárias no campo até a colheita da produção agrícola. Durante o preparo da terra são fundamentais as relações da máquina e solo sendo que na fase do plantio deve ser dado a tríplice relação máquina, planta e solo.

Desta forma Zhang et al. (2018) relatam que a mecanização está entre as melhores opções a longo prazo para superar as restrições de produção no campo. O uso da mecanização na colheita de abacaxi não só libera bastante a força de trabalho, mas também é mais econômica e eficiente. E as características de crescimento do abacaxi afetam principalmente sua colheita manual, fazendo com que este trabalho se torne ainda mais árduo e demorado, sendo de extrema necessidade a automatização do processo de colheita.

Zhang et al. (2018) desenvolveram equipamento com sistema semi-automático para coleta de abacaxis conforme Figura 6, gerando poucos danos aos frutos, reduzindo o esforço de trabalho manual e aumentando a produtividade.

Figura 6**.** Sistema semi-automático para coleta de abacaxis

Fonte: Zhang et al. (2018)

E Wang et al. (2012) projetaram e testaram o equipamento manipulador como apresentado na Figura 7 para fazer a colheita de abacaxi, usando sistema controlador baseado

em um microcontrolador AT89C1 e concluíram que este tipo de desenvolvimento é uma referência para futuros robôs colhedores de abacaxi.

Figura 7. Equipamento manipulador com microcontrolador AT89C1

Fonte: Wang et al. (2012).

Shahama & Kumar et al. (2016) também desenvolveram colhedora de abacaxi com o acoplamento de um suporte coletor adapatado em uma roçadeira manual conforme apresentado na Figura 8 e este mecanismo de coleta foi acoplado acima da lâmina circular possibilitando que o operador tenha um bom desempenho diminuindo o custo operacional da colheita em comparação com a colheita manual, além de diminuir o esforço do operador sendo apresentado a aplicação na Figura 9.

Figura 8. Roçadeira manual com o acoplamento do suporte coletor de abacaxi

Fonte: Shahama & Kumar et al. (2016).

Figura 9. Colheita de abacaxi com suporte

Fonte: Shahama & Kumar et al. (2016).

Pegna & de Fuentes (2009) desenvolveram um cortador de soqueiras de abacaxi, constituindo-se em dois rolos fragmentadores compostos com lâminas, estes rolos têm rotação contra-rotativa sendo demonstrado na Figura 10.

Figura 10. Cortador de soqueira de abacaxi

Fonte: Pegna & de Fuentes (2009).

Del Angel-Pérez et al. (2005) realizaram estudo econômico em diferentes tecnologias para produção de abacaxi no México, e esta análise se baseou na matriz política focada em questões do mercado interno, externo e tipos de mecanização, apresentando que todas tecnologias utilizadas pelos agricultores envolveram riscos altos, técnicas e tecnologias com grandes deficiências no controle e gerenciamento dos fatores de produção.

2.9.1 Puncionadoras

Doerr (1986) descreveu release um compacto sobre os princípios de semeadoras puncionadoras, explicando os elementos e os principais princípios. Molin (1996) projetou uma semeadora puncionadora para plantio direto, um protótipo para semeadura de milho, soja e sorgo foi construído usando um mecanismo dosador a vácuo, os resultados foram muito promissores.

Kang et al. (2020) projetaram puncionadora para semear sementes em solos cobertos por filmes plásticos, foram projetados os mecanismos dosadores, e um rolo cobridor de solo, os parâmetros de operação foram otimizados e os experimentos com o protótipo satisfizeram os requerimentos agronômicos conforme Figura 11.

Figura 11. Puncionadora para semear sementes em solos cobertos por filmes plásticos

Fonte: Kang et al. (2020)

De acordo com Zhang et al. (2021) também desenvolveram semeadora puncionadora multifuncional para vários tipos de sementes graúdas e esta semeadora é baseada

em tecnologia IoT para permitir modelo de semeadura flexível on-line através da variação da rotação e dos tipos de dosagem, esta máquina é integrada na rede e possibilita alta eficiência e qualidade de semeadura.

Parish (2005) descreve sobre o desenvolvimento da máquina transplantadora de hortículas Figura 12, fazendo estudo extenso com revisão da literatura, vindo a apresentar os mecanismos atuais, incluindo puncionadora, mecanismo de dosagem, transplantadora e manuseio de plantas.

Figura 12. Máquina transplantadora de hortículas

Fonte: Parish (2005).

Ismail et al. (2009) desenvolveram protótipo de plantadora puncionadora baseado em máquinas inteligentes através de um tubo oscilante que distribui as sementes, os fatores de sucesso foram determinados, assim como a frequência de oscilação foi otimizada.

Melo et al. (2019) com muita pesquisa também desenvolveram semeadora puncionadora apropriada para operação em solos com pedras, sendo construído protótipo e validado segundo metodologias de controle estatístico de processo, obtendo sucesso em termos de qualidade de distribuição e deposição de sementes, mostrando-se promissora para aplicações na agricultura familiar.

E Nastas (2018) descreve os parâmetros funcionais para o projeto e construção de plantadoras puncionadoras, ele classifica os mecanismos e sistemas, sintetiza as informações de forma metódica e expõem um método para projetar os órgão ativos de semeadura, puncionamento, dosagem, incorporação do solo e cobrimento das semente.

2.9.2 Transplantadoras

De acordo com Mialhe (2012) as transplantadoras são máquinas semiautomáticas, porém exige o apoio de operador humano para posicionar as mudas nos órgãos que executam sua deposição no solo.

Segundo Fessel (2003), as transplantadoras de acionamento mecânico são acopladas ao trator e operadas por um trabalhador rural que abastece o mecanismo com as mudas produzidas em viveiros.

Satpathy & Garg (2008) estudaram os efeitos de parâmetros escolhidos no desempenho de transplantadoras, eles avaliaram diferentes velocidades, taxas de semeadura, umidade do solo, profundidade de plantio, ângulo de plantio para tomates e pimentas transplantadas.

Porteus et al. (1989) desenvolveram uma transplantadora de gramas tolerantes a solos salinos, o sistema consistia de um sulcador e de um puncionador de mudas, o desempenho foi muito interessante embora mais auxílios ao plantio devam ser desenvolvidos.

Ye et al. (2019) otimizaram o projeto de uma transplantadora de arroz através do uso de um mecanismo planetário com engrenagens excêntricas e engrenagens não circulares, este mecanismo tem a capacidade de alta velocidade de transplante.

Iqbal et al. (2021) desenvolveram uma transplantadora de pepinos acoplada a um microtrator de 2,6 kW, e esta máquina tem um sistema automático de transplante através de um mecanismo de puncionamento de mudas que tem um sistema de transmissão otimizado para alta velocidade e grande eficiência e o mecanismo consiste em dois reservatórios de mudas que soltam-as simultaneamente em queda livre no mecanismo de punção, que sincronicamente já está cravado no solo.

Tsuga (2000) desenvolveu uma transplantadora automática de hortículas, através de um sistema de potes-células para folhas, o mecanismo “bombeia” os potes com as folhas para um sistema que faz um camalhão e coloca-as no topo e os potes com as folhas são transportadas por um tipo de correia.

Xin et al. (2017) desenvolveram um duplo sistema de biela-manivela que otimiza o mecanismo de transplante de potes com mudas e é baseado em um sistema de engrenagens elípticas combinadas com este duplo sistema de biela-manivela, imitando a ação manual humana em pegar os potes e colocar no solo, os testes de campo revelaram-se um sucesso.

Kiran et al. (2021) apresentam uma metodologia para seleção do raio de transplante, referente ao mecanismo puncionador e este raio define a taxa de transplantio e o espaçamento.

Ji et al. (2013) projetaram uma transplantadora para plantio sobre plástico baseado em puncionadores convencionais e sistemas de deposição de muda, foram estudos os parâmetros de plantio, o raio de transplante e o número de puncionadores para algodão.

2.10 Avaliação

Albiero (2010) e Villibor (2008) afirmam que a velocidade possibilita obter a eficiência no cultivo comparado aos pequenos produtores, além do que os autores desenvolveram semeadoras para a agricultura familiar que trabalhavam nas velocidades de 0,9 e 2,6 km h^{-1}.

Frabetti et al. (2011) corrobora com esta afirmação e concluem que muitos pesquisadores que desenvolveram semeadoras puncionadoras apontaram dificuldades para trabalhar em velocidades elevadas por conta do tempo necessário para realizar o punço no solo e garantir que a semente / muda seja depositada em tempo hábil na cova.

Melo (2017 e Carpes et al. (2017) avaliaram respectivamente um protótipo de semeadora puncionadora destinado a agricultura familiar, a qualidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra e a qualidade da distribuição longitudinal de sementes de milho através de um dosador apanhador utilizaram o gráfico de controle, os dois primeiros fizeram ainda uso da capacidade efetiva, todos os autores obtiveram em seus ensaios de campo estabilidade no processo.

Lucas e Saccucci (1990) reiteram que se o processo não apresenta qualidade necessária, estatisticamente não tem uma distribuição normal, não sendo necessário o uso do gráfico de controle, porém é inevitável o uso do gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada (MMEP).

De acordo com Hines et al. (2006) a MMEP podem ser consideradas como uma média ponderada de todo o conjunto de observações analisados em uma amostra, os pesos decrescem geometricamente com as observações, atribuindo menos peso a observações que

decorreram há menos tempo ou menos frequentemente e sua exatidão depende do peso dado e do intervalo entre os limites e a média.

Montgomery (2004) afirma que a MMEP é uma ferramenta imensamente robusta em relação à não-normalidade quase sendo um teste não-paramétrico. O MMEP é bastante eficiente contra pequenas modificações no processo, no entanto não é muito sensível a grandes alterações.

Assim Hines et al. (2006) propôs a combinação dos gráficos descontrole convencionais com os MMEP para detectar tanto grandes alterações no comportamento da amostra como pequenas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do estudo

O trabalho foi realizado na Fazenda Agrícola Boa Vista conforme observado na Figura 13, sediada em Frutal MG e localizada nas coordenadas geográficas: latitude 3° 44'S, longitude 38° 34'W de Greenwich e altitude de 19,6m. O clima da região é Aw', ou seja, tropical chuvoso, com altas temperaturas, tendo predomínio de chuvas nas estações do verão edo outono (Assad et al. 2008). A área do experimento corresponde a 5,7 x 75 m totalizando 427,5 m² de área útil do plantio das mudas de abacaxi.

Figura 13. Área experimental

Fonte: própria

3.2 Transplantadora de mudas de abacaxi

A transplantadora avaliada faz a abertura de sulcamento, adubação e o transplantio da muda de abacaxi em posição vertical, transplantando quatro fileiras simultaneamente sendo operadas por quatro colaboradores rurais depositando as mudas no rotor heptágono**.** O equipamento tem compartimento com capacidade para até 5.000 mudas. Dispõe de itens de segurança e assentos para o conforto de operadores conforme observado na Figura 14 a transplantadora e o trator Valmet 880 com 81 cv cavalos de potência utilizado para avaliação.

Figura 14. Transplantadora com trator Valmet 880 utilizado para o plantio

Fonte: própria

As Figuras 15 e 16 apresentam os detalhes dos principais mecanismos dianteiro e traseiro da transplantadora.

Figura 15. Principais mecanismos traseiro da transplantadora

1 – Mecanismo de plantio e fechamento do sulco;
2 – Bancos para 4 operadores;
3 – compartimento para 5 mil mudas de abacaxi;
4 – Rotor com 5 cavidade para inserção das mudas;
5 – Sistema hidráulico para transporte;

Fonte: própria

Figura 16. Principais mecanismos dianteiro da transplantadora

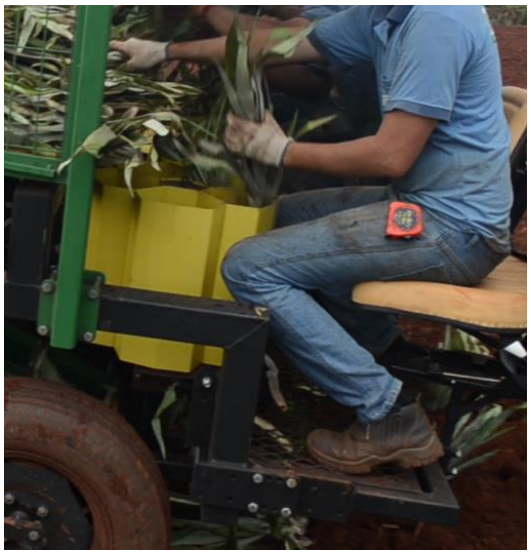
6 – sulcador;
7 – conjunto mangueira para conexão no hidráulico do trator para acionamento da máquina;
8 – compartimento esquerdo / direito para adubo;
9 – compartimento para fertilizante;
10 – barra de tração

Fonte: própria

A transplantadora é operada por quatro trabalhadores rurais e um tratorista. O operador retira manualmente a muda do compartimento e deposita no rotor heptágono distribuidor de mudas, caindo por gravidade no sulco aberto pelo sulcador sendo coberta por terra com auxílio da enxada e disco de fechamento do sulco.

A Figura 17 apresenta os detalhes em que o operador coloca a muda no rotor heptágono para 5 mudas e na Figura 18 a muda de abacaxi descendo por gravidade no sulco sendo fechado com terra com o disco lateral.

Figura.17 Rotor heptágono



Fonte: própria

Figura. 18 Muda sendo plantada

Fonte: própria

Com capacidade média para plantio de 7000 mudas por hora com quatro operadores a uma velocidade de trabalho de 600 à 800 metros por hora podendo ser regulável de acordo com o terreno. Também acompanha duas caixas de adubo com capacidade cada de 60kg e um tanque pulverizador com capacidade de 150 litros.

3.3 Avaliação da distribuição do plantio das mudas de abacaxi

O plantio foi realizado em quatro linhas como apresentado na Figura 19 sendo L1(linha um), L2 (linha dois), L3 (linha três) e L4 (linha quatro), contabilizando o número de mudas que foram utilizadas para o plantio, ou seja, foram plantadas 375 mudas por linhas, contabilizando 1500 amostras coletadas e registrado os valores encontrado dos espaçamentos entre mudas para aplicação das análises estatísticas.

Figura 19. Demarcação das linhas de plantio

Fonte: própria

3.4 Avaliação do espaçamento entre mudas

Neste trabalho foi utilizado o método de Kist et al. (1991) com regulagem de 90 x 40 x 45 cm sendo este o mesmo espaçamento da região de Frutal, considerando as suas especificidades edafoclimáticas.

A medição do espaçamento foi realizada através do uso da trena com divisão em mm onde o fundo de escala foi considerado de 0,5 mm, sendo medido o espaçamento entre plantas do centro das coroas das mudas do abacaxi conforme Figura 20.

Figura 20. Avaliação da distribuição longitudinal das mudas de abacaxi

Fonte: própria

3.5 Avaliação da profundidade do plantio das mudas

Para coleta de dados de profundidade foi adotado o método de Marcolan et al. (2007) cujo descreve que o plantio da muda de abacaxi deve ser feito em covas ou sulcos que esteja entre 15 e 20 cm de profundidade, sendo o mesmo aplicado na Região de Frutal.

De acordo com o procedimento de cálculo de número mínimo de amostra, trinta amostras para a variável profundidade de plantio são suficientes para que ocorra normalidade nos dados, o que qualifica a análise de CEP (Albiero, 2010).

Para medição da profundidade do plantio da muda foi utilizado uma trena com divisão em mm onde o fundo de escala foi considerado de 0,5 mm, sendo coletado 30 amostras aleatórios com abertura lateral da planta conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21. Medição vertical da profundidade de plantio das mudas de abacaxi

Fonte: própria

3.6 Velocidade de deslocamento

Para tracionar a Plantadora foi utilizado um trator Valmet modelo 880 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), com 81 cv de potência máxima no motor, trabalhando na marcha L1 reduzida, na rotação de 900 rpm, que proporcionou uma velocidade de operação de 1,24 km h^{-1}.

3.7 Capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva foi determinada pela relação entre a área útil da parcela trabalhada e o tempo gasto no percurso da parcela, por meio da Equação 1 conforme as recomendações da norma ASAE S396.2 (1998).

$$CE = \frac{Atr}{\Delta t} \cdot 0{,}36 \qquad \text{Equação 1}$$

CE é a capacidade de campo efetiva (ha h^{-1});
Atr é a área útil da parcela trabalhada (m^2);
Δt é o tempo gasto no percurso da parcela experimental (s);
0,36 é o fator de conversão.

3.8 Capacidade operacional

A capacidade de campo operacional foi determinada pela relação entre a área trabalhada e o tempo gasto na realização da operação, por meio da equação 2:

$$C = \frac{v.w}{10} \qquad \text{Equação 2}$$

C é a capacidade de campo teórica, (ha h^{-1}).
v é a velocidade de operação (km h^{-1});
w é a largura de trabalho (m);

3.9 Eficiência de campo

A eficiência de campo é calculada por meio dos valores da capacidade de campo efetiva e operacional, equação 3:

$$E = \frac{CO}{CE} * 100 \qquad \text{Equação 3}$$

E = eficiência (%);
CO = capacidade de campo operacional (ha h^{-1});
CE = capacidade de campo efetiva (ha h^{-1}).

3.10 Estatística

Para fazer a avaliação foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado estabelecido por Cochran (1957) e Albiero (2010) como o arranjo experimental mais simples.

A estatística descritiva foi aplicada para verificar os parâmetros média, desvio padrão, coeficiente de variância, simetria e curtose. Por meio do coeficiente de simetria e curtose foi determinado se existia ou não a normalidade dos dados estudados seguindo as recomendações de Montgomery (2004) e Oliveira (2010).

3.11 Metodologia para avaliação de qualidade

3.11.1 Planejamento estatístico

Inicialmente foi realizado o levantamento de dados para estimar a quantidade mudas que foram utilizadas nos testes preliminares e por meio desses foi determinado o número total de mudas (1500) que seriam necessárias para que os dados avaliados apresentassem distribuição normal, pois a metodologia estatística adotada permite verificar o número de amostras necessárias para que haja normalidade no experimento por meio do erro médio padrão. O número mínimo de amostras foi encontrado por meio de médias e desvios padrões obtido de trabalhos realizados anteriormente por Melo et al. (2013).

3.11.2 Controle estatístico do Processo (CEP)

Em função dos dados não serem normais é preciso realizar as análises estatísticas através de métodos não-paramétricos. Em função do interesse deste estudo em analisar a qualidade do plantio mecanizado das mudas do abacaxi, foi escolhida a metodologia estatística de qualidade MMEP e o índice de capacidade Cpc.

3.11.3 Média móvel exponencialmente ponderada (MMEP)

Segundo Montgomery (2004) a Média Móvel Exponencialmente Ponderada (MMEP) é estabelecida como equação 4:

$$zi = \lambda.\sum_{0}^{i-1}(1-\lambda).x_{i-j} + (1-\lambda)^{i}.zo$$ Equação 4

zi é o valor da média móvel ponderada;

zo é a média alvo do processo;

xi é o valor da característica medida;

λ é o peso considerado para a média, se refere a sensibilidade em captar pequenas mudanças na média.

Os limites de controle do gráfico MMEP são dados pelas seguintes equações 5 e 6:

$$LSC = \mu + L.\sigma.\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}.[1-(1-\lambda)^{2i}]}$$ Equação 5

$$LIC = \mu - L.\sigma.\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}.[1-(1-\lambda)^{2i}]}$$ Equação 6

μ é a média do processo;

L é a largura da faixa entre a média e o limite;

σ é o desvio padrão da amostra.

3.11.4 Índice de Capacidade (CP)

Segundo Kotz & Johnson (1993) uma medida indireta da capacidade de um processo é dada pela seguinte relação, equação 7:

$$C_p = \frac{\text{LSE-LIE}}{6\sigma}$$ Equação 7

Cp é o índice da capacidade do processo;

LSE é o limite superior de especificação;

LIE é o limite inferior de especificação;

σ é o desvio padrão.

A capacidade efetiva do processo (Cpk) leva em conta o posicionamento, dada a média em relação às especificações e segue as fórmulas equação 8, 9 e 10:

$$C_{pk} = \min(C_{ps}, C_{pi})$$ Equação 8

$$C_{ps} = \frac{LSE-\mu}{3.\sigma}$$ Equação 9

$$C_{pi} = \frac{\mu-LIE}{3.\sigma}$$ Equação 10

μ é a média do processo;

LSE é o Limite superior de especificação;

LIE é o Limite inferior de especificação;

σ é o desvio padrão.

O índice de capacidade de confiança Cpc é definido por LUCENO (1996) equação 11:

$$Cpc = \frac{LSE - LIE}{6.(\sqrt{\frac{\pi}{2}}).E|X - T|)}$$ Equação 11

Cpc é o índice de capacidade de confiança;

T é o valor alvo: T=(LSE+LIE)/2;

E|X-T| é a esperança da distribuição X, estimada pela equação 12:

$$c = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}|Xi - T|$$ Equação 12

Segundo Campos (2007) prováveis classificações de processos através dos índices Cp, Cpk e Cpc são apresentadas nas Tabelas (07 e 08) abaixo:

Tabela 7. Classificação de processo pelo índice Cp

Valor Cp	**Classificação do Processo**
≥ 1,33	Adequado
1,00 e 1,32	Parcialmente Adequado
<1,00	Inadequado

Fonte: Campos, (2007)

Tabala 8. Classificação de processos pelo índice Cpk

Valor Cpk	Cor	Classificação do processo
≥1,33	Verde	Capaz
1,00 e 1,32	Amarelo	Parcialmente capaz
<1,00	Vermelho	Incapaz

Fonte: Campos, (2007)

Segundo Montgomery (2004), o controle de não conformidade é definida como a razão entre o número de itens não conformes de uma amostra e o número da amostra coletada. Se o item não estiver em conformidade com o padrão em uma ou mais dessas características, ele é classificado como não conforme.

Se uma amostra aleatória de n unidades de produto é selecionado, e se D é o número de unidades do produto que não estão conformes, então D tem uma distribuição binomial com parâmetros nep, equação 13:

$$P\{D = x\} = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \qquad x = 0,\ 1,\ \ldots,\ n \qquad \text{Equação 13}$$

A fração de unidades não conforme é definida como a razão entre o número de unidades não conformes na amostra D e o tamanho da amostra n de acordo com a equação 14:

$$\hat{p} = \frac{D}{n} \qquad \text{Equação 14}$$

$\hat{p}$ = fração de itens não conforme
D = número de unidades não conformes na amostra
n = tamanho da amostra

Além disso, a média e a variância de são respectivamente equação 15 e 16:

$$\mu_{\hat{p}} = p \qquad \text{Equação 15}$$

$$\sigma^2_{\hat{p}} = \frac{p(1-p)}{n} \qquad \text{Equação 16}$$

Na média e a variância da variável aleatória D são np e np (1-p), respectivamente. E Montgomery (2004) descreve o modelo geral para o gráfico de controle de Shewhart é o seguinte, equação 17, 18 e 19:

$$\mathrm{UCL} = \mu_w + L\sigma_w \qquad \text{Equação 17}$$

$$\text{Linha Central} = \mu_w \qquad \text{Equação 18}$$

$$\mathrm{LCL} = \mu_w - L\sigma_w \qquad \text{Equação 19}$$

L é a distância dos limites de controle da linha central, em múltiplos do padrão desvio de w. É comum escolher a constante L = 3. A linha central e os limites de controle de o gráfico de controle de fração não conforme seriam de acordo com a equação 20,21 e 22:

$$\mathrm{UCL} = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \qquad \text{Equação 20}$$

$$\text{Linha Central} = p \qquad \text{Equação 21}$$

$$\mathrm{LCL} = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \qquad \text{Equação 22}$$

Dependendo dos valores de p e n, às vezes o limite de controle inferior LCL < 0. Nesses casos, normalmente definimos LCL = 0 e assumimos que o gráfico de controle tem apenas um limite de controle superior.

3.11.5 Gráfico de controle de não conformidade

O plantio das mudas foi feito em sulcos com aproximadamente 20 cm de profundidade, estando dentro da faixa limite determinada por Cunha (1996), onde se evitou ao máximo a movimentação do solo e dos resíduos depositados em sua superfície e procurou-se garantir uma correta fixação da planta ao solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Espaçamento entre mudas

A Tabela 9 apresenta a estatística descritiva da do espaçamento entre mudas.

Tabela 9. Estatística descritiva básica dos espaçamentos entre mudas

	Espaçamento entre mudas (mm)
Média	450,4
Variância	41967,8
Desvio Padrão	204,9
C.V. %	45,5
Máximo	2400,0
Minimo	400,0
Amplitude	2000,0
Simetria	0,246
Curtose	32,59

De acordo com os dados avaliados é possível concluir que a média do espaçamento das mudas de abacaxi, encontra-se com os valores superiores ao qual a mesma foi regulada para o transplantio, indicando assim que houve irregularidade dentro do processo de distribuição das mudas. É possível ainda observar na Tabela 9 que apesar do valor de simetria ser de 0,246 e estar dento do intervalo de -3 e 3 estipulado por Oliveira (2010), o valor de curtose está muito acima desse intervalo, dessa forma conclui-se que os dados estudados para a transpladora em questão apresentam uma distribuição não normal dos dados coletados.

Devido a não normalidade dos dados foi realizado segundo recomendação de Montgomery (2004) o gráfico de média móvel exponencialmente ponderada que é apresentada na Figura 22 para comparar a variabilidade das médias.

Cpc = 0,59

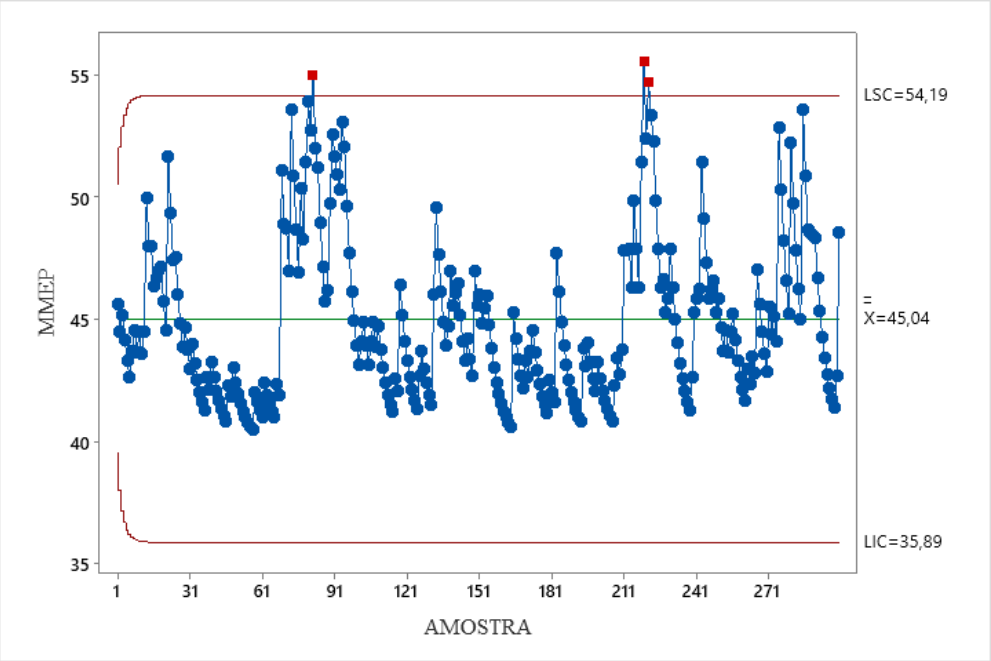


Figura 22: Gráfico da média móvel exponencialmente ponderada do espaçamento entre mudas

É possível observar que a média dos espaçamentos foi 450,4 mm, que apenas três amostras ultrapassaram os limites de controle superior e todos os outros valores encontram-se dentro do intervalo de confiança estipulado, logo como existem menos de 5% dos pontos fora dos limites especificados o processo é considerado controlado e estável (Albiero, 2010). Desta maneira, ao analisar o gráfico constata-se que ocorreu pouca variabilidade durante o processo de plantio das mudas de abacaxi.

Ao se analisar o índice de capacidade de confiança Cpc verifica-se, conforme Tabela 10 de classificação de ocorrência, que o processo obteve ocorrência alta com falhas repetitivas, pois o valor do Cpc encontrado foi de 0,59. Dessa forma, observa-se que a capacidade de confiança é equivalente de 1 em 8 falhas possíveis, ou seja 12,5% de erro, ainda assim a máquina tem uma porcentagem de acerto de 87,5%.

Tabela 10. Classificação de ocorrência

Ocorrência	Taxas de falhas possíveis	Cpk	Ranking
Muito alta: falha é quase inevitável	≥ 1em 2	<0,33	10
	1 em 3	≥0,33	9
Alta: falhas repetitivas	1 em 8	≥0,51	8
	1 em 20	≥0,67	7
Moderada: falhas ocasionais	1 em 80	≥0,83	6
	1 em 400	≥1,00	5
	1 em 2.000	≥1,17	4
Baixa: relativamente poucas falhas	1 em 15.000	≥1,33	3
	1 em 150.000	≥1,50	2
Remota: falhas são raras	≤1 em 1.500.000	≥1,67	1

Fonte: Elsmar, (2009)

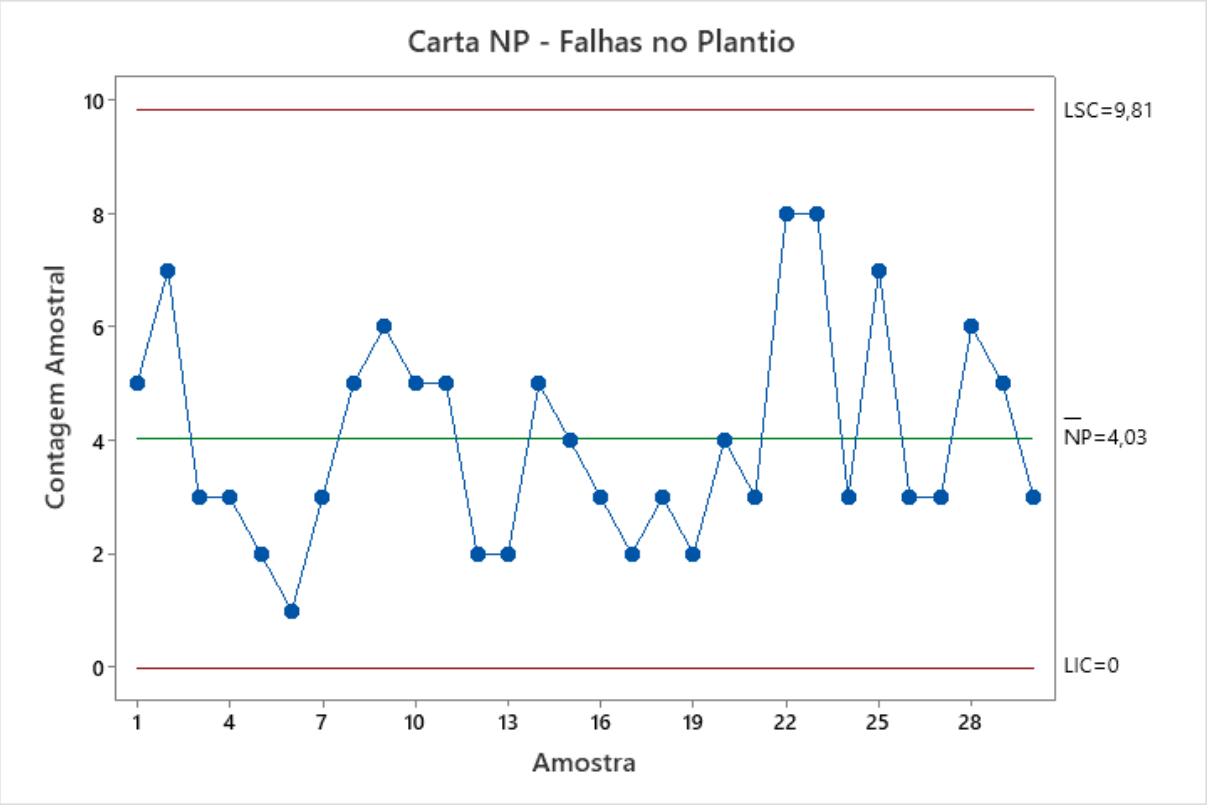


Figura 23. Gráfico NP – Não conformidade do espaçamento entre mudas

E de acordo com o gráfico de não conformidade na Figura 23, podemos constatar que todas as amostras se encontram dentro do limite inferior e superior especificado, significando que os dados estão dentro do intervalo de confiança, logo o gráfico apresentou

estabilidade e desta forma estando dentro do valor esperado. Bernache (2018), avaliando os efeitos dos desgastes das lâminas de corte basal na colheita e rebrota de cana de açúcar utilizou o gráfico NP, para o controle das falhas, não obteve estabilidade no processo atingindo 17,0% de falhas no primeiro ciclo e 36,0% de falhas no segundo.

4.2 Profundidade de plantio

A Tabela 11 apresenta a estatística descritiva da profundidade das mudas.

Tabela 11. Estatística descritiva da profundidade das mudas

	Profundidade da mudas (mm)
Observações	30
Média	193,3
Variância	151,3
Desvio Padrão	12,3
C.V. %	6,2
Máximo	220,0
Minimo	170,0
Amplitude	50,0
Simetria	-0,54
Curtose	0,29

De acordo com os coeficientes de curtose e simetria pode-se constatar-se que os dados relativos ao índice da profundidade apresentam uma distribuição normal, pois estão dentro do intervalo entre –3 e 3 o que indica alguma simetria, embora o valor de -0,54 do coeficiente de simetria indique uma menor quantidade de dados do lado direito da média, além de uma distribuição de valores próximo à média com característica de forma de uma curva normal (curtose).

Pelo gráfico de controle apresentado na Figura 14 verifica-se que apenas uma das 30 amostras ultrapassou o limite de controle inferior desta maneira tem-se menos de 5% dos pontos fora dos limites especificados conforme o método de Marcolan et al. (2007) estando entre 15 e 20 cm de profundidade, logo conclui-se que o índice de profundidade é estável e

controlável (Albiero,2010) tendo uma variabilidade pequena o que configura uma homogeneidade em toda a área de plantio, com isso foi possível realizar o estudo da capacidade efetiva.

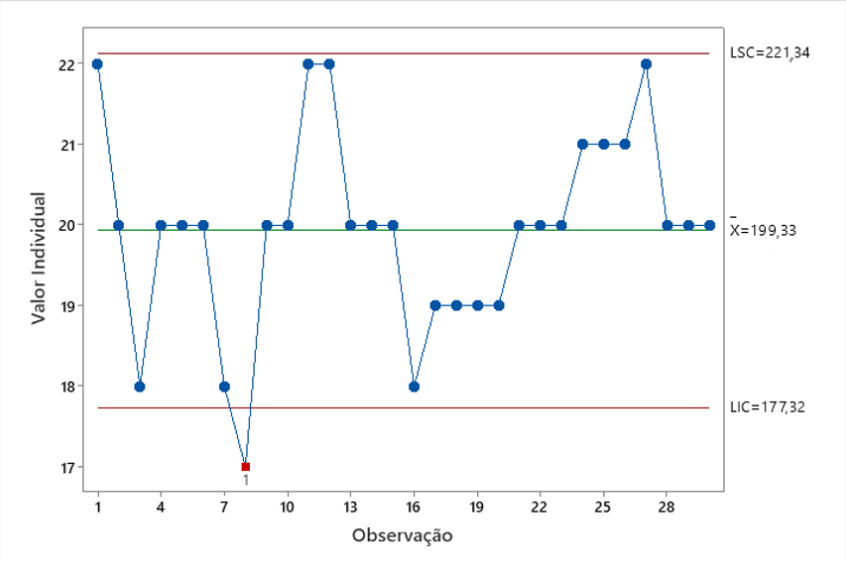


Figura 24. Gráfico de controle do índice de Profundidade

A Figura 24 apresenta a análise da capacidade do processo de profundidade no plantio, sendo que em função do limite de especificação, limite Superior de especificação (LSE) e limite inferior de especificação, apresenta um processo adequado, com Cp=1,58, e considerado capaz, Cpk=1,56 (Campos, 2007) e Elsmar (2009) relata que o processo é tido como baixa ocorrência de falhas, com uma taxa de falha menor do que 1 em 150.000 falhas possíveis conforme Tabela 10. Este resultado comprova a extrema regularidade da máquina em depositar as mudas na profundidade regulada conforme Figura 25.

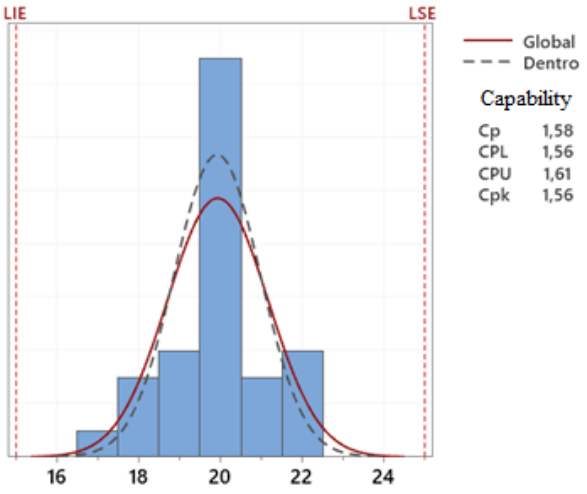


Figura 25: Gráfico da Análise da profundidade de plantio

E na Figura 26 é possível observar o Gráfico NP de controle de profundidade, não apresentando pontos fora dos limites e com sequências tendenciosas, pode-se afirmar que o processo é considerado estável.

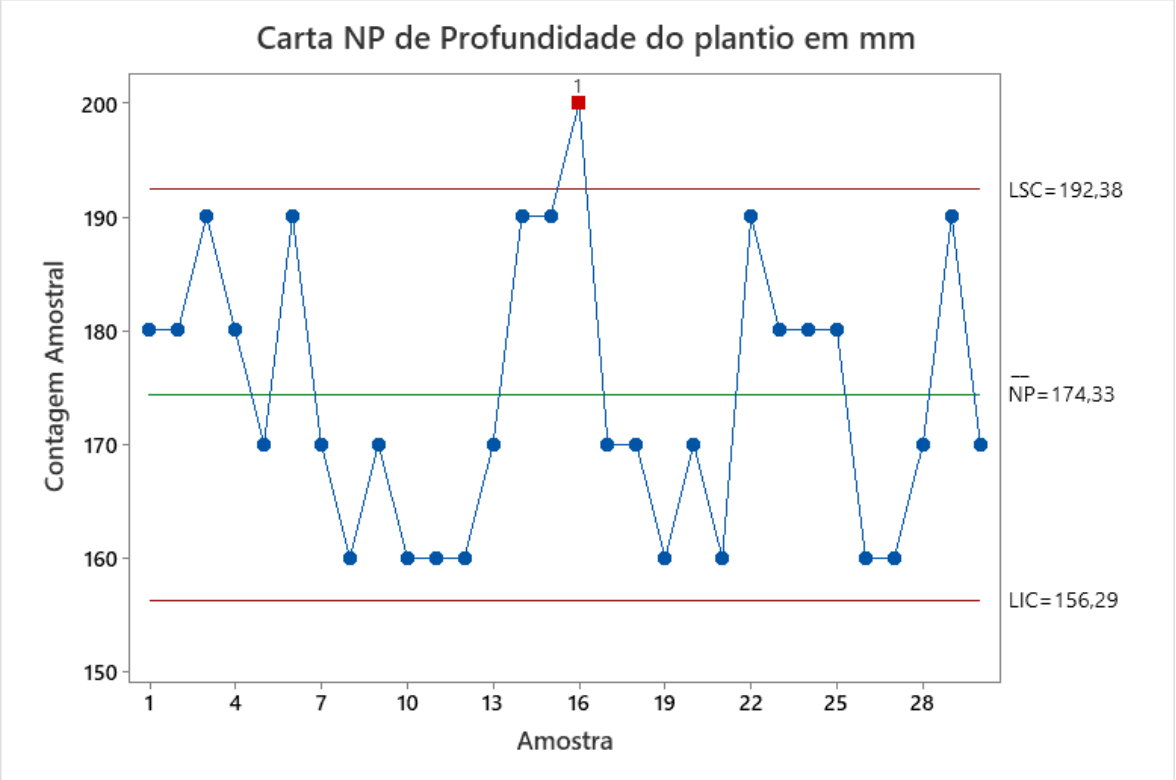


Figura 26: Gráfico de NP – não conformidade profundidade no plantio

4.3 Eficiência de campo

A capacidade de campo efetiva foi 9,80 ha h-¹ e capacidade operacional de 7,49 ha h-¹ gerando assim uma eficiência de campo de 76,42%. Ao estudar a eficiência de campo de uma semeadora de milho em sistema direto Carneiro et al. (2021) encontrou como valor máximo de eficiência de campo variando entre 35,2 a 83,0%, com valor médio de 65,7%. O autor informa ainda que a média mais baixa ocorreu por diversos problemas no campo no momento de sua avaliação.

5 CONCLUSÃO

Com o estudo de qualidade realizado por meio do Controle Estatístico do Processo (CEP) indicou a adequação do processo de plantio aos padrões de qualidade e de acordo com a avaliação de campo da transplantadora de mudas de abacaxi, os resultados obtidos apresentaram homogeneidade da distância entre plantas e profundidade do plantio.

Considerando os dados obtidos da capacidade de campo efetiva e capacidade operacional a transplantadora ficou próximo da média da eficiência encontrado no trabalho de Carneiro et al. (2021).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 2010. 244f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campina, São Paulo, 2010.

ANDRADE NETO, R. de C.; NOGUEIRA, S. R.; NASCIMENTO, G. C. do; NEGREIROS, J. R da S.; GOMES, F. C. da R. Sistema de produção da cultura do abacaxi para o estado do Acre. Rio Branco, AC: **Embrapa**, Acre, 2018 (Embrapa Acre. Sistema de produção, 9). Publicação Eletrônica.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. S396.2. **Combine capacity and performance test procedure**. St. Joseph, 1998.

ASSAD, E. D. et al. Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento. **Embrapa** Informática Agropecuária-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2008. Disponível em: Alice: Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento. (embrapa.br) Acesso em: 18 ago. 2021.

BERNACHE, L. **Desgaste das lâminas de corte basal: efeito na colheita e na rebrota do canavial.** 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018.

BOLETIM TÉCNICO nº100. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**: abacaxi. 2 ed. p. 128. 1997.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. Compêndio de Estudos Conab / Companhia Nacional de Abastecimento. **A participação do abacaxi no desenvolvimento econômico nas regiões produtoras**. Compêndio v. 4 (2020). Brasília: Conab, 2020.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção agrícola. Lavoura temporária** -Abacaxi. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10193. Acesso em: 25 jul. 2021.

CAMPOS, C. M. **Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção de cana-de-açúcar**. 89 p. Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.

CANGUSSU, B. Revista Eletrônica Rural Pecuária. **Sistema de produção mulchieng favorece a produção de tomate e abacaxi.** Disponível em: https://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/hortifruti/sistema-de-producao-mulchieng-favorece-a-producao-de-tomate-e-abacaxi.html. Acesso em: 27 jul. 2021.

CARNEIRO, M. de. A et al. Desempenho operacional na semeadura do milho safrinha em sistema de semeadura direta . **Energia na Agricultura**, v. 36, n. 1, p. 1-9, 2021.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. New York: John Wiley and Sons, 1957.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Lavras, MG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** - 4ª aproximação. Lavras, MG. p. 176. 1989.

CRESTANI, Maraisa et al. Das Américas para o mundo: **Origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro.** Ciência Rural, v. 40, n. 6, p. 1473-1483, 2010.

CUNHA, G.A.P. da. Implantação da cultura. In: CUNHA, G.A.P. da; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F. da. (organizadores). **O abacaxizeiro cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p.139-167.

DEL ANGEL-PÉREZ, L. A. et al. **Comparative economic analysis of different technologies for pineapple (Ananas comosus (L.) Merr.)** production in Veracruz, Mexico. Acta Horticulturae, v. 666, p. 59–69, 2005.

DOERR, **Ted B. Press Seeder and Punch Seeder**: Section 8.4. 4, US Army Corps of Engineers Wildlife Resources Management Manual. ARMY ENGINEER WATERWAYS EXPERIMENT STATION VICKSBURG MS ENVIRONMENTAL LAB, 1986.

ELSMAR. **FMEA. 2009**. Disponível em: <http:// www.elsmar.com>. Acesso em: 24 ago. 2021.

FACHINELLO, José Carlos et al. **Propagação de plantas frutíferas. Brasília**: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Production/Yield quantities of Pineapples in World + (Total).** Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize. Acesso em: 25 jul. 2020.

FESSEL, Vitor Augusto Graner. **Qualidade, desempenho operacional e custos de plantios, manual e mecanizado, de Eucalyptus grandis, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FRABETTI, D. R.; RESEND, R. C.; QUEIROZ, D. M.; FERNANDES, H. C; SOLZA, C.M. **Desenvolvimento e avaliação do desempenho de uma semeadora puncionadora para plantio direto de milho**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 2, p.199-204, 2011.

GASQUES, José Garcia et al. **Produtividade da agricultura: resultados para o Brasil e estados selecionados**. Revista de Política Agrícola, v. 23, n. 3, p. 87-98, 2014.

HINES, W. W.; MONTGOMERY, D. C.; GOLDSMAN, D. M.; BORROR, C. M. **Probabilidade e estatística na engenharia**. 4º Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006

IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Abacaxi IAC Gomo-de-mel.** Disponível em: http: http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/Folders%5CAbacaxi%5CcIACGomo-deMel.htm>. Acesso em: 18 de novembro de 2020

IQBAL, M. Z. et al. **Working speed analysis of the gear-driven dibbling mechanism of a 2.6 kw walking-type automatic pepper transplanter**. Machines, v. 9, n. 1, p. 1–16, 2021.

ISMAIL, Z. E.; EL-HANIFY, E. H. **Construction and Testing the Seed-Punch Planter**. Misr Journal of Agricultural Engineering, v. 26, n. 2, p. 597–607, 2009.

JI, J. T. et al. **Design of the up-film transplanter and kinematic analysis of its planting devices.** International Conference on Advanced Mechatronic Systems, ICAMechS, p. 312–316, 2013.

KANG, J. et al. **Design and testing of a punching-on-film precision hole seeder for peanuts**. v. 63, n. 2006, p. 1685–1696, 2020.

KIRAN, B. R. et al. **Selection of dibble radius in automatic dibble type vegetable transplanter based on zero velocity condition in planting**. v. 10, n. 5, p. 1507–1513, 2021.

KIST. H.G.K. et al. **Influências de densidade de plantio do abacaxi Smooth Cayenne. Pesq. agropec.** bras., Brasília, 26(3): 235-330 MAR. 1991. Disponível em: https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15407. Acesso em: 28 jul. 2021.

KOTZ, S.; JOHNSON, N. L. **Process capability indices.** London: Chapman & Hall, 1993.

LUCAS, J. M.; SACCUCCI, M. S. **Exponentially weighted moving average control schemes**. Technometrics, 32: 1990.

LUCENO, A. **A process capability index with reliable confidence intervals**. Communications Statistics, 25: 1996

MARCOLAN, A. L. et al., Sistema de produção para a cultura do abacaxi no Estado de Rondônia: editado por Websten Cesário da Silva – Porto Velho: Embrapa Rondônia; Emater-RO, 2007. Disponível em: Microsoft Word - sp_27_abacaxi_final (embrapa.br) Acesso em:22 ago.2021.

MATOS, A. P.; REINHARDT, D. H R. C.; CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. S.; SANCHES, N. F.; ALMEIDA, O A. **A cultura do Abacaxi. 2a edição revisada e ampliada. Embrapa Informação Tecnológica**. Brasília, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/120494/1/00079060.pdf>. Acesso em: 26 de outubro de 2020.

MELO, R. P. et al. **Seed distribution by punch seeder in family farming**. Revista Ciencia Agronomica, v. 50, n. 3, 2019.

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L.de A. M. 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, 2013.

MELO, R. P. **Desenvolvimento e Avaliação do protótipo de uma semeadora puncionadeira para agricultura familiar.** 2017. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.

MIALHE, Luiz Geraldo. **Máquinas agrícolas para plantio**. . Campinas: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. . Acesso em: 30 jun. 2022. , 2012

MOLIN , J. P.; D'AGOST , V. **Development of a rolling punch planter for stony soil conditions.** Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, v. 27, n.3, p. 17-19, 1996

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4o Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

NASTAS, A.; STOICEV, P. **Argumentarea parametrilor constructiv–funcționali ai secției mașinii de semănat rotative**. 2018.

NOGUEIRA, Sônia Regina; SIVIERO, Amauri. **Doenças do abacaxizeiro**. Embrapa Acre-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), p. 58-67, 2018.

OLIVEIRA, J. U. C. de. Estatística: **Uma nova abordagem**. Rio de Janeiro: Ciência, 2010.

PARISH, R. L. **Current developments in seeders and transplanters for vegetable crops.** HortTechnology, v. 15, n. 2, p. 346–351, 2005.

PEGNA, F. G.; DE FUENTES, J. S. P. C. **Development of a vertical axis shredder for pineapple field clearing.** Acta Horticulturae, v. 822, p. 177–182, 2009.

PORTEUS, S. C.; PARISH, R. L.; WRIGHT, M. E. **Development of a marshgrass transplanting system.** Applied Engineering in Agriculture, v. 5, n. 2, p. 138–142, 1989.

REINHARDT, D.H. et al., **Embrapa Mandioca e Fruticultura** (Cruz das Almas, BA). Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Frutas do Brasil (7). Abacaxi. Produção: aspectos técnicos. p.19. 2000.

REINHARDT, D. H. R. C.; DA CUNHA, G. A. P. **A propagação do abacaxizeiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006., 2006.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; MOLINA JÚNIOR, W. F. Máquinas Agrícolas: Noções Básicas. Piracicaba: Degaspari, 2010. 201 p.

SANTANA, L.L.A. et al,. **Altas densidades de plantio na cultura do abacaxi CV Smoooth Cayenne, sob condições de sequeiro.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 23, n. 2, p. 353-358, agosto 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbf/a/WXwVBWPxbP6msKPGFLVnpjh/?lang=pt. Acesso em: 27 jul. 2021.

SÃO PAULO. Instituto de Economia Agrícola (IEA) São Paulo. **Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Projeto LUPA** [ano]: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo. São Paulo: SAA: IEA: CDRS. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancodedados/valorproducao. Acesso em: 28 jul. 2021.

SATPATHY, S. K.; GARG, I. K. **Effect of Selected Parameters on the Performance of a Semi-automatic Vegetable Transplanter**. AMA, v. 39, n. 2, 2008.

SHAHAMA, A. P.; KUMAR, M. **Development of Pineapple Harvesting Attachment for Brush Cutter Department of Farm Power Machinery and Energy Kelappaji College of Agricultural Engineering and Technology Tavanur-679573**, Malappuram Kerala, India 2016. 2016.

TSUGA, K. **Development of fully automatic vegetable transplanter**. Japan Agricultural Research Quarterly, v. 34, n. 1, p. 21–28, 2000.

VILLIBOR, G. P. **Avaliação do desempenho do protótipo de uma semeadora adubadora puncionadora para plantio direto**. 2008. 71 f. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

WANG, H. et al. **Design and test of pineapple harvesting manipulator**. Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, v. 28, n. SUPPL. 2, p. 42–46, 2012.

XIN, L. et al. **Optimal design and development of a double-crank potted rice seedling transplanting mechanism.** Transactions of the ASABE, v. 60, n. 1, p. 31–40, 2017.

YE, B. L. et al. **Optimization design and test of rice plug seedling transplanting mechanism of planetary gear train with incomplete eccentric circular gear and non-circular gears**. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, v. 10, n. 6, p. 43–55, 2017.

ZHANG, J.; ZHAO, Z.; CHI, G. **The design and research of multi-functional intelligent sharing seeding machine based on. Proceedings** - 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Electromechanical Automation, AIEA 2021, p. 57–61, 2021.

ZHANG, L. et al. **Structure Design of A Semi-Automatic Pineapple Picking Machine. IOP Conference Series**: Materials Science and Engineering, v. 452, n. 4, 2018.