



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO- (UFERSA)
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICA E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

HENRIQUE CARLOS SEVERIANO ALVES

MANIPUEIRA COMO ADUBO ORGÂNICO NO CULTIVO DE MANDIOCA
NA REGIÃO DE ARARIPE, CEARA

MOSSORÓ

2024

HENRIQUE CARLOS SEVERIANO ALVES

**MANIPUEIRA COMO ADUBO ORGÂNICO NO CULTIVO DE MANDIOCA
NA REGIÃO DO ARARIPE, CEARA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de bacharel em agronomia.

Orientador (a): Prof. Dr. André Moreira da Silva

Coorientador (a): Pesq. Jaeveson da Silva

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A474m Alves, Henrique Carlos Severiano.
MANIPUEIRA COMO ADUBO ORGÂNICO NO CULTIVO DE
MANDIOCA NA REGIÃO DE ARARIPE, CEARA / Henrique
Carlos Severiano Alves. - 2024.
51 f. : il.

Orientadora: André Moreira Da Silva.
Coorientadora: Jaeveson Da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2024.

1. Subproduto. 2. Produtividade de Raízes. 3.
Teor de Amido. 4. Economia Circular. 5. Chapada
do Araripe, Ceará. I. Da Silva, André Moreira,
orient. II. Da Silva, Jaeveson, co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HENRIQUE CARLOS SEVERIANO ALVES

**MANIPUEIRA COMO ADUBO ORGÂNICO NO CULTIVO DE MANDIOCA
NA REGIÃO DO ARARIPE, CEARA**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
bacharel em agronomia.

Defendida em: 05 / 04 / 2024.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

ANDRE MOREIRA DE OLIVEIRA

Data: 23/04/2024 21:19:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Moreira de Oliveira (UFERSA)
(Presidente da Banca Examinador e Orientador)



Documento assinado digitalmente

JAEVESON DA SILVA

Data: 23/04/2024 22:30:38-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesq. Jaeveson da Silva (EMBRAPA)
(Primeiro Examinador e Coorientador)



Documento assinado digitalmente

GTHIELLY MAIRA FERNANDES

Data: 23/04/2024 21:33:06-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agron. Gthielly Maira Fernandes (UFERSA)
(Segundo Examinador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por ter-me dado força e coragem nos momentos difíceis em que pensei em desistir. Agradeço também ao Padre Cícero do Juazeiro por suas bênçãos.

Aos meus familiares, a qual expresso minha gratidão à minha avó Maria Cipriano, minha tia Maria de Zezim e meu pai Vladimir. Durante esta jornada, vocês me apoiaram incondicionalmente, proporcionando o suporte necessário para que eu chegasse até aqui. Agradeço também à minha noiva, Gildene, por estar sempre ao meu lado e me incentivar em todos os momentos, gratidão.

Aos meus orientadores e Banca Examinadora, composta pelo Prof. Dr. André Moreira da Silva, Pesq. Dr. Jaeveson da Silva, a aluna de mestrado e engenheira agrônoma Gthielly Maira Fernandes e minha suplente Prof. Dra. Lindomar Maria da Silveira, manifesto minha sincera gratidão por todo apoio e ajuda fornecidos do início ao fim deste trabalho. Seus ensinamentos e conselhos jamais serão esquecidos.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), professores, técnicos de laboratórios, auxiliares, seguranças, coordenação do curso de agronomia, a todos que fazem parte dessa instituição.

Aos amigos da faculdade, Marcio, Adma, David e Igor, sou imensamente grato por sempre estarem ao meu lado, ajudando e sendo parceiros ao longo desses anos.

Aos amigos de Araripe-Ceará, Marcos Filho, Ralysson, Matheus, Nicolas e Edna, expresso minha gratidão pelos conselhos e incentivos que me deram para perseverar nos estudos.

EPÍGRAFE

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Idelzuite Alves Feitosa, que está ao lado de Deus torcendo pelas minhas conquistas. Sua força, inteligência e amor sempre me inspiraram a seguir meus sonhos (in-memoriam).

RESUMO

O trabalho avalia o efeito da aplicação de manipueira, um resíduo da indústria de produção de farinha e fécula, como adubo orgânico no cultivo da mandioca, com a cultivar “Pretinha”, na região da Chapada do Araripe, Ceará. O experimento foi conduzido em uma área com histórico de cultivo de mandioca, utilizando um delineamento inteiramente casualizado com oito repetições e dois tratamentos: parcelas adubadas com manipueira e parcelas sem adubação, no espaçamento de 1,0 m x 0,90 m. A aplicação de manipueira resultou em maiores alturas de planta, diâmetros do caule, alturas de bifurcação, números de hastes, massa de parte aérea, massa de raízes, índice de colheita e teor de amido nas raízes. Além disso, a manipueira contribuiu para a melhoria da fertilidade do solo para atender às necessidades do cultivo subsequente. Com os resultados, verificou-se que a manipueira tem alto valor como adubo orgânico na cultura da mandioca, sendo acessível aos produtores locais e qualificando-se como prática agrícola sustentável.

Palavras-chave: Subproduto; Produtividade de raízes; Teor de amido; Economia circular; Chapada do Araripe, Ceará.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of applying manipueira, a residue from the cassava flour and starch industry, as an organic fertilizer for cassava cultivation, using the cultivar "Pretinha", in the Araripe Plateau region, Ceará, Brazil. The experiment was conducted in an area with a history of cassava cultivation, using a completely randomized design with eight replications and two treatments: plots fertilized with manipueira and control plots (no fertilization), spaced 1.0 m x 0.90 m. Manipueira application resulted in higher plant heights, stem diameters, bifurcation heights, number of stems, aerial part mass, root mass, harvest index, and starch content in the roots. Additionally, manipueira contributed to improving soil fertility to meet the requirements of the subsequent crop. The results showed that manipueira has high value as an organic fertilizer for cassava cultivation, is accessible to local producers, and qualifies as a sustainable agricultural practice.

Keywords: Byproduct; Root productivity; Starch content; Circular economy; Araripe Plateau, Ceará.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica do município de Araripe no mapa do Brasil e do estado do Ceará.....	23
Figura 2 - Precipitação e temperatura média anual no município de Araripe, Ceará no período do experimento.....	24
Figuras 3 - Preparo do solo antes da implantação do experimento (A e B)	25
Figura 4 - Características de folhas e hastes da variedade crioula 'pretinha'.	25
Figura 5 - Tanques de armazenamento da manipueira utilizada no experimento	26
Figuras 6 - Área com a aplicação da adubação com manipueira.....	28
Figura 7 - Avaliação e coleta de dados em campo: diâmetro do caule (A), altura da primeira bifurcação (B), parte aérea de plantas com e sem aplicação de manipueira (C), colheita das raízes (D), contagem (E), pesagem das raízes (F), estimacão do teor de amido: pesagem da amostra seca (G) e pesagem da amostra submersa em agua (H).....	30
Figura 8 - Pesagem de massa verde parte aérea (A), raízes para secagem em estufa (B) e amostras preparadas (C).....	31
Figura 9 - Secagem das amostras em estufa por 48 horas (A) e pesagem das amostras para quantificar a massa seca (B).	31
Figura 10 - Altura da planta para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.....	32
Figura 11 - Diâmetro do caule para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.....	32
Figura 12 - Altura da primeira bifurcação para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.....	33
Figura 13 - Número de hastes para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.....	34
Figura 14 - Massa fresca da parte aérea por planta (A), massa seca da parte aérea por planta (B) e produtividade da parte aérea em t ha ⁻¹ (C) para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.	35
Figura 15 - número de raízes por planta para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.....	36

Figura 16 - Massa fresca de raízes por planta (A), massa seca de raízes planta (B) e produtividade de raízes (C) para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.....	37
Figura 17 - Índice de colheita para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.....	38
Figura 18 - Percentual de amido entre tratamentos (A) e rendimento de amido em t ha ⁻¹ de raiz fresca (B) para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização química e quantidade de nutrientes da manipueira da variedade crioula 'Pretinha'	27
Quadro 2 - Análise química do solo na profundidade de 0 a 20 cm antes e depois do experimento	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Levantamento econômico de utilização da manipueira na região de Araripe, Ceará.....	40
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. objetivo geral	14
2.2. objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Botânica mandioca	15
3.2. Importância econômica e economia circular	16
3.3. Resposta da mandioca a adubação	18
3.4. Potencial de produção de manipueira e sua utilização como adubo	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
5. RESULTADO E DISCUSSÃO	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	43

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é fundamental para a segurança alimentar em comunidades globais, especialmente em países tropicais e subtropicais como o Brasil. Sua adaptabilidade e resistência a condições climáticas adversas a tornam importante para o cenário socioeconômico em praticamente todo o país.

A produção brasileira de mandioca para a indústria atingiu 19,13 milhões de toneladas em 2023 (IBGE, 2024). A mandioca é matéria-prima essencial para a produção de alimentos básicos, como farinha, tapioca e outros derivados, alimentando milhares de comunidades. Além disso, a produção de fécula (amido) a partir da mandioca assume papel importante no mercado internacional. Em 2023, o Brasil exportou cerca de 23,4 mil toneladas de fécula, gerando uma receita de US\$ 23,9 milhões (CONAB, 2024).

Apesar do crescimento na produção de mandioca, a gestão dos resíduos industriais, como a manipueira, ainda é um desafio. Centenas de casas de farinhas e fecularias ainda descartam esse material de forma inadequada. Segundo Andrade (2003), quando concentrada em um local sem nenhum tipo de tratamento, a manipueira torna-se nociva ao meio ambiente. Isso ocorre devido à presença de compostos cianogênicos que liberam ácido cianídrico (HCN), altamente tóxico. Além disso, a manipueira contribui para o acúmulo de matéria orgânica em cursos d'água, impactando negativamente o solo, a qualidade da água e a biodiversidade.

Estudos demonstram o potencial da manipueira como adubo para a mandioca, pois sua composição rica em nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, a torna um fertilizante natural eficiente (Ferreira et al., 2001; Coelho e Santos, 2023). Esses trabalhos ressaltam questões relacionadas ao uso da manipueira, como suas implicações positivas para o meio ambiente, a diminuição dos custos com adubação mineral e a atualização de práticas agrícolas. É fundamental conscientizar produtores, casas de farinha e fecularias sobre a importância do descarte adequado para esse resíduo industrial, a fim de reduzir os impactos ambientais associados.

Este trabalho avaliou o uso da manipueira como adubo para o cultivo da mandioca, com o objetivo de aumentar a produtividade da planta (parte aérea e

raízes), promover a adoção de práticas agrícolas sustentáveis na cadeia de processamento da mandioca em um polo de produção no estado do Ceará.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar o efeito da manipueira como adubo do solo no cultivo da mandioca para indústria no município de Araripe, Ceará.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar se a dose de manipueira aplicada em fundação eleva significativamente a produção da planta, comparada ao cultivo sem adubação;

Verificar a viabilidade de utilização da manipueira como adubo e sua capacidade em reduzir a dependência de fertilizantes minerais na produção da mandioca;

Avaliar o custo econômico de utilização da manipueira no cultivo da mandioca;

Avaliar a capacidade da manipueira na fertilidade do solo, inclusive para cultivo sucessível.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Botânica

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família Euphorbiaceae, tipicamente herbáceas e lenhosa que exhibe um fluido leitoso, traço comum às plantas deste grupo (Ceballos e Cruz, 2002). Originada da América do Sul, especificamente da região norte do Brasil. Há relatos de que a mandioca foi inicialmente cultivada pelos indígenas (Otsubo e Lorenzi, 2004). Com sua distribuição geográfica em vários continentes, como América Latina, África, Ásia e Oceania, demonstra que sua adaptação se estende a uma vasta variedade de ambientes (Santos, 2010; Albuquerque, 2003).

O caule pode atingir até 3 m de altura. Dependendo da variedade, pode ser notavelmente reto ou sinuoso, atribuindo à planta uma estrutura de subarbusto e quebradiça. Essa robustez no caule é fundamental para suportar o crescimento e desenvolvimento da planta (Fukuda; Guevara, 1998).

No que diz respeito às raízes, a mandioca apresenta dois tipos: as raízes normais, originadas do caule ou folhas, e as raízes feculentas, caracterizadas por serem tuberosas e ricas em amido. É a partir delas que se deriva uma gama de produtos, como farinha, tapioca, fécula (amido), álcool, entre outros (EMBRAPA, 2003).

As folhas caducifólias da mandioca são igualmente notáveis, apresentando-se de maneira alternada, espiralada e com longos pecíolos, podendo alcançar até 30 cm de comprimento. Essa peculiaridade morfológica contribui para a eficiência da planta na absorção de luz solar e no processo fotossintético. As flores da mandioca são pequenas e unissexuadas, formando inflorescências cimosas, conferindo à planta uma aparência diferente durante seu ciclo reprodutivo. Quando essa floração acontece, a planta produz uma cápsula com três sementes (EMBRAPA, 2003). Esse aspecto botânico adiciona complexidade à biologia da mandioca e influencia seu processo de propagação por sementes, pois a floração, para acontecer em um período aceitável, depende principalmente de fatores edafoclimáticos e da cultivar.

A propagação da mandioca demonstra um padrão interessante. Embora a opção sexuada com sementes seja uma alternativa, ela é pouco comum na prática agrícola devido à baixa taxa de germinação e à alta variabilidade genética (Xavier et

al., 2006; Albuquerque *et al.*, 2009). Em contrapartida, a propagação vegetativa, que utiliza estacas do caule (manivas), destaca-se pela facilidade e eficiência, tornando-se a abordagem preferencial na agricultura. Essa estratégia de propagação contribui para a manutenção das características desejadas das raízes feculentas, fundamentais para a produção agrícola (EMBRAPA, 2003).

O ciclo fisiológico é pontuado por distintas fases que refletem alterações significativas na parte aérea e no sistema radicular da planta. Sendo classificada como uma planta perene, ela pode crescer indefinidamente, alternando períodos de crescimento vegetativo, armazenamento de carboidratos nas raízes e até períodos de quase dormência, provocados por condições climáticas severas, baixas temperaturas e déficit hídrico prolongado (Alves, 2006). Junto a esses fatores ambientais, a escolha do cultivar também pode influenciar diretamente nos resultados produtivos e no ciclo fisiológico da cultura. Dessa forma, compreendê-los é essencial para potencializar o cultivo e a colheita, promovendo assim um manejo adequado durante todo o ciclo da cultura (Xavier *et al.*, 2006; Albuquerque *et al.*, 2009).

3.2. Importância econômica e economia circular

A mandioca, além de ser um alimento básico para milhões de pessoas, apresenta notável versatilidade, com aplicações que vão além da alimentação humana. Essa multiplicidade de usos contribui para a sustentabilidade econômica da cultura, abrindo portas para diversos setores e impulsionando a economia. Nas regiões mandioqueiras, onde o cultivo de outras culturas é dificultado principalmente por fatores climáticos, a mandioca, por ser uma cultura rústica, se destaca, garantindo a segurança alimentar e impulsionando o desenvolvimento local e regional.

Em 2023, a Nigéria se destacou como a maior produtora mundial de raiz fresca, com produção de 54,5 milhões de toneladas. Em seguida, vieram a Tailândia, com 32,2 milhões de toneladas, e a República Democrática do Congo, com 31,5 milhões de toneladas (FAO, 2024). O Brasil ocupa a quarta posição, com produção próxima de 19,13 milhões de toneladas em uma área plantada de 1,24 milhão de hectares (CONAB, 2024).

No Brasil, a região Norte detém a posição de maior produtora da raiz, com 6,3 milhões de toneladas, o que corresponde a 35,6% da produção nacional. Essa produção destina-se principalmente à produção de farinha e abastecimento local. Seguida pela região nordeste com 21,4% da produção nacional. As regiões Centro-Oeste e Sul (Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo) juntas são responsáveis por 30,1% da produção nacional.

Com um nível tecnológico mais elevado, a produção dessas regiões atende à demanda da indústria local, servindo de matéria-prima para diversas aplicações, principalmente a produção de fécula (amido) (EMBRAPA, 2022). As exportações de fécula dessas regiões em 2023 tiveram um papel importante na balança comercial, gerando uma receita de US\$ 23.9 milhões para a economia do país CONAB (2024).

A cadeia produtiva da mandioca também se destaca como uma fonte promissora na produção de energia, como a produção de biocombustíveis (etanol). No entanto, a utilização do subproduto (manipueira) pode-se produzir também o biogás e contribuir não apenas para a diversificação da cultura, mas também para diminuir os custos de produção das agroindústrias de processamento da raiz, sendo uma alternativa de energia sustentável. A mandioca assume também papel significativo na alimentação animal. Em que sua raspa (película e entrecasca) é uma grande fonte energética para bovinos, suínos e aves (Aguilar, *et al.* 2020).

A manipueira também se alinha aos princípios da economia circular, que surge como modelo essencial para o desenvolvimento sustentável, buscando otimizar o uso de recursos e minimizar o impacto ambiental. A manipueira, antes considerada um problema ambiental, agora pode-se utilizar como um adubo valioso na agricultura. Ao fechar o ciclo de nutrientes, ela restitui ao solo os elementos retirados pelas plantas de mandioca, reduzindo a dependência de adubos minerais, promovendo o aumento da fertilidade do solo, tudo isso contribui para a sustentabilidade ambiental (CNI, 2019).

Além das vantagens ambientais, políticas governamentais e programas oferecem isenções fiscais para empresas que adotam práticas sustentáveis. Empresas que promovem parcerias com os produtores para utilizar a manipueira como adubo, além de descartá-la de forma adequada, estarão se enquadrando nessas políticas. Além disso, essa prática melhora a imagem da empresa, demonstrando seu compromisso com a sustentabilidade e atraindo potenciais clientes preocupados com questões ambientais (CNI, 2019). Assim, a manipueira

como adubo contribui para a conservação do meio ambiente e para o desenvolvimento socioeconômico sustentável.

Cultivada em todas as regiões do país, a mandioca é importante na geração de emprego e renda. Como o cultivo mecanizado não abrange todos os polos mandioqueiros e é indicado para grandes áreas, a atividade demanda bastante mão de obra, que pode chegar até 40% dos custos de produção, independentemente da região, principalmente no momento do plantio, tratos culturais, capinas e a colheita. A alta demanda de mão de obra contribui para gerar postos de emprego onde seu cultivo é em grande escala (IBGE, 2022).

Estima-se que a atividade mandioqueira seja responsável por cerca de 1 milhão de empregos diretos no Brasil, considerando o cultivo, o processamento e a comercialização da raiz e de seus derivados (EMBRAPA, 2003). Além disso, a mandioca contribui para a economia de muitas famílias rurais, especialmente aquelas que praticam a agricultura familiar. Segundo dados do IBGE (2023), cerca de 2,5 milhões de famílias agricultoras estão envolvidas na produção de mandioca em todo o país. Essas famílias são importantes não apenas para o aumento da produção da cultura, mas também para movimentar a economia em suas comunidades.

3.3. Resposta da mandioca à adubação

A adubação tem um impacto direto na fertilidade do solo, uma vez que aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas, e consequentemente, no aumento da produtividade da cultura. A mandioca responde satisfatoriamente a diferentes tipos de adubação, tanto orgânica quanto mineral, quando combinadas principalmente. Embora seja uma cultura rustica que se desenvolve relativamente bem mesmo em solos de baixa fertilidade, a mandioca demanda cuidados nutricionais adequado ao longo do seu desenvolvimento, especialmente no ciclo inicial, para alcançar seu potencial máximo.

A aplicação de adubos é fundamental para suprir as necessidades nutricionais da planta, assegurando altos índices de produtividade e a sustentabilidade do solo a longo prazo. A cultura da mandioca extrai grandes quantidades de nutrientes do solo (Borges, 2021), exigindo dessa forma, a reposição

adequada para manter a fertilidade e viabilizar cultivos subsequentes na mesma área.

Pesquisas têm destacado a importância da adubação para o cultivo da mandioca. Souza (2018) relata que a cultura da mandioca tem demandas nutricionais específicas ao longo de seu ciclo de crescimento, tanto de macro quanto de micronutrientes, pois ambos desempenham papéis fundamentais no metabolismo e desenvolvimento da planta, incluindo a formação de raízes tuberosa. A resposta da cultura à adubação varia de acordo com a cultivar, tipos de solo, clima e práticas de manejo (Alves, 2022).

A produção da mandioca tem se mostrado positiva à adubação orgânica, tais como, manipueira e esterco. Coelho e Santos (2023), avaliando diferentes doses de adubação com manipueira no cultivo de mandioca de mesa, observaram que a dose de $7,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ promoveu respostas significativas em relação à altura da planta, com valores médios acima de 100 cm, 3,8 raízes por planta com peso individual próximo a 655 g. Da mesma forma, Ferreira *et al.*, (2001), analisando o efeito da adubação com manipueira na dosagem de $48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ no cultivo da mandioca, constataram aumentos significativos na produção, que chegou a 29 t/ha^{-1} , um ganho de 61% em comparação à testemunha sem adubação. O resíduo também apresentou características quanto aos nutrientes, podendo substituir parcialmente ou totalmente a adubação com fertilizantes minerais.

A resposta da cultura as adubações minerais, avaliada por De oliveira *et al.*, (1974), demonstra que o fósforo (P) é o nutriente mais demandado para o aumento da produtividade da mandioca, seguido pelo nitrogênio (N) e potássio (K). Lima *et al.*, (2018), avaliando o efeito da adubação fosfatada e de cobertura na mandioca, observaram uma resposta crescente da planta à adubação, com aumento considerável na produtividade das raízes em doses mais elevadas, ressaltando a responsividade da mandioca ao fósforo. Na ausência do uso de adubo mineral, comum no cultivo da mandioca, indica-se substituí-lo por adubos alternativos que possam contribuir também com esses mesmos nutrientes.

Por outro lado, Alves (2022) investigando o desempenho agrônomo da mandioca e sua qualidade para indústria, com diferentes métodos de adubação tanto em sistemas irrigados quanto em sequeiro, os resultados indicaram que a adubação integrada de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) com ácido húmico ou ácido húmico + aminoácidos, aumentaram o crescimento e a produtividade da

mandioca. Souza (2018) conduzindo um experimento em São Francisco do Pará para avaliar o desenvolvimento produtivo da mandioca com adubos organominerais, também constataram resultados significativos na produtividade, destacando a eficácia dessas adubações para o desenvolvimento da cultura.

Em vista disso, a adubação é um fator crucial para o aumento da produtividade da mandioca, sua resposta principalmente a adubação orgânica e fosfatada lhe proporciona maiores resultados, portanto, a escolha do tipo de adubos utilizados deve ser feita de forma criteriosa, considerando as características do solo, clima, cultivar e os objetivos da produção, seja de parte aérea para silagem ou a raiz fresca.

3.4. Potencial de produção de manipueira e sua utilização como adubo.

A manipueira, obtida a partir do processamento das raízes de mandioca, tem sido utilizada como fertilizante orgânico para diversas culturas agrícolas, inclusive a mandioca, com diversos trabalhos de pesquisa investigando o efeito da manipueira na adubação, cujo objetivo avalia o impacto na produtividade da cultura.

Fioretto (1997) estima que a produção de 1 tonelada de mandioca gera 300 a 500 litros de manipueira. Os municípios de Araripe e Salitre (CE), polos de produção de mandioca, produzem 218.859 toneladas de raízes por ano (IBGE, 2022). Cerca de 70 a 80% dessa produção (aproximadamente 164,1 mil toneladas) são processam pelas casas de farinha desses municípios. Considerando a obtenção de 350 litros por tonelada, a produção anual de manipueira é de aproximadamente 57.435 m³. Essa quantidade seria suficiente para adubar 1.914 ha⁻¹ ano a uma dose de 30 m³/ha⁻¹.

A quantidade de nutrientes presente na manipueira é considerável. Um metro cúbico do material pode conter 3,42 kg de nitrogênio (N) (equivalente a 7,6 kg de ureia 45% N), 0,70 kg de fósforo (P) (equivalente a 3,88 kg de superfosfato simples 18% de P₂O₅), 3,09 kg de potássio (K) (equivalente a 5,3 kg de cloreto de potássio 58% de K₂O), 0,19 kg de cálcio (Ca) (equivalente a 0,554 kg de carbonato de cálcio 50% CaO) e 0,60 kg de magnésio (Mg) (equivalente a 3,75 kg de sulfato de magnésio 16% MgO). (Ferreira *et al.* 2001).

Sendo considerada um potencial poluente tóxico, a manipueira é nociva ao meio ambiente quando concentrada em um determinado local devido à presença do Ácido Cianídrico (HCN) e ao acúmulo de matéria orgânica (Andrade, 2003). Santos (2009), afirma que a manipueira apresenta capacidade de ser 25 vezes mais poluente do que o esgoto doméstico. Dessa forma, o descarte inadequado da manipueira pode gerar graves problemas ambientais. Em corpos aquáticos, pode causar a redução na disponibilidade de oxigênio dissolvido no meio, provocando a morte das espécies daquele local (Wosiacki e Cereda, 2002).

Para lidar com problemas causados por esse resíduo, alternativas de exploração, tal qual o uso como adubo orgânico aplicado no solo, para a cultivo da mandioca e várias outras culturas como milho, hortaliças, pastagem, têm se mostrando ser eficaz, com resultados positivos para a produção agrícola (Ferreira *et al.*, 2001). As quantidades geradas que foram citadas anteriormente, podem ser utilizadas pelos produtores para suprir a demanda nutricional do cultivo, reduzindo significativamente os custos de produção com adubações minerais. Podendo essa, ser uma alternativa viável com alto custo-benefício.

Por ter em sua composição teores de nutrientes, como nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) (De Souza *et al.*, 2009), a manipueira tem sido utilizada no cultivo de diversas espécies agrícolas. Por exemplo, na utilização para o desenvolvimento de culturas como feijão, goiaba, mandioca que, além de alcançar um aumento da produção, também reduz do ataque de pragas. (De Souza 2020).

Outro exemplo é a cultura do milho, Cardoso *et al.* (2005), observaram que o seu cultivo em áreas com aplicação de manipueira apresentou maior produtividade de espigas e massa da parte aérea do que o milho adubado com fertilizante mineral. Ferreira *et al.*, (2001) afirmam que a adubação de solos de baixa fertilidade com manipueira permite ao produtor obter resultados semelhantes àsquelas alcançadas com a adubação química, e também um maior número de cultivos sucessivos na mesma área.

Em trabalhos realizados com a cultura da mandioca, De souza *et al.* (2009), constataram que as doses de 2,5 e 5,0 litros de manipueira por metro linear, comparadas a fertilizantes químicos, foram as que mais favoreceram a produtividade da cultura. Isso comprova o potencial da manipueira para diminuir os custos de produção, principalmente com fertilizantes químicos, sendo uma opção viável e de

fácil acesso pelos produtores das regiões onde se cultiva e processam essa cultura em grande escala.

Com base em Ferreira *et al.* (2001), para suprir a demanda média da cultura da mandioca em 1,0 hectare com 40 kg de nitrogênio (N) (ureia 45% N), 60 kg de superfosfato simples (P) (18% P_2O_5) e 40 kg de cloreto de potássio (K_2O) (58% K_2O), a quantidade necessária seria em torno de 85,7 m³ de manipueira. Esse valor se torna elevado pelo menor teor de fosforo na composição da manipueira, sendo necessário apenas 24,63 m³ para suprir a demanda de nitrogênio e potássio.

Apesar dos grandes benefícios, ainda existem desafios a serem enfrentados, incluindo as transformações microbiológicas que ocorrem durante o processo de fermentação da manipueira, muitas dessas interações entre manipueira, solo e as culturas, são ainda pouco compreendidas, que destaca a necessidade de pesquisas adicionais nessa área (Ferreira *et al.*, 2001). Além disso, oportunidades de pesquisas mais aprofundadas envolvem o uso da manipueira para áreas de atuação como pesticida (Magalhães *et al.*, 2000), nematicida (Nasu *et al.* 2010) e adsorção de metais pesados (Horsfall Júnior e Abia, 2003), que podem ser eficazes na atual agricultura moderna.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Sítio Alagoinha dos Ferreiras, zona rural do município de Araripe, Ceará, localizado a 540 km da capital Fortaleza (Figura 1). As coordenadas geográficas são: Latitude: $-7^{\circ} 12' 46''$ S, Longitude: $-40^{\circ} 2' 45''$ W e altitude de 608 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o município apresenta clima BSh, caracterizado como Tropical Quente Semiárido com temperatura média anual variando entre 17 e 35°C. O mês mais quente do ano é novembro, com temperatura máxima média de 35°C, e o mais frio é abril com temperatura mínima média de 19°C (WEATHER SPARK, 2023). A pluviometria média anual é de 646 mm e o período chuvoso concentra-se de janeiro a abril, com maior precipitação no mês de março, com média de 145,1 mm (FUNCEME, 2023).



Figura 1 - Localização geográfica do município de Araripe no mapa do Brasil e do estado do Ceará.

Fonte: Abreu (2006)

Para verificar as condições climáticas de chuva e temperatura durante o experimento, foi elaborado um termopluviômetro (Figura 2). Os dados climáticos foram obtidos da base de dados de estações de monitoramento da FUNCEME (2024) e do Weather Spark (2024).

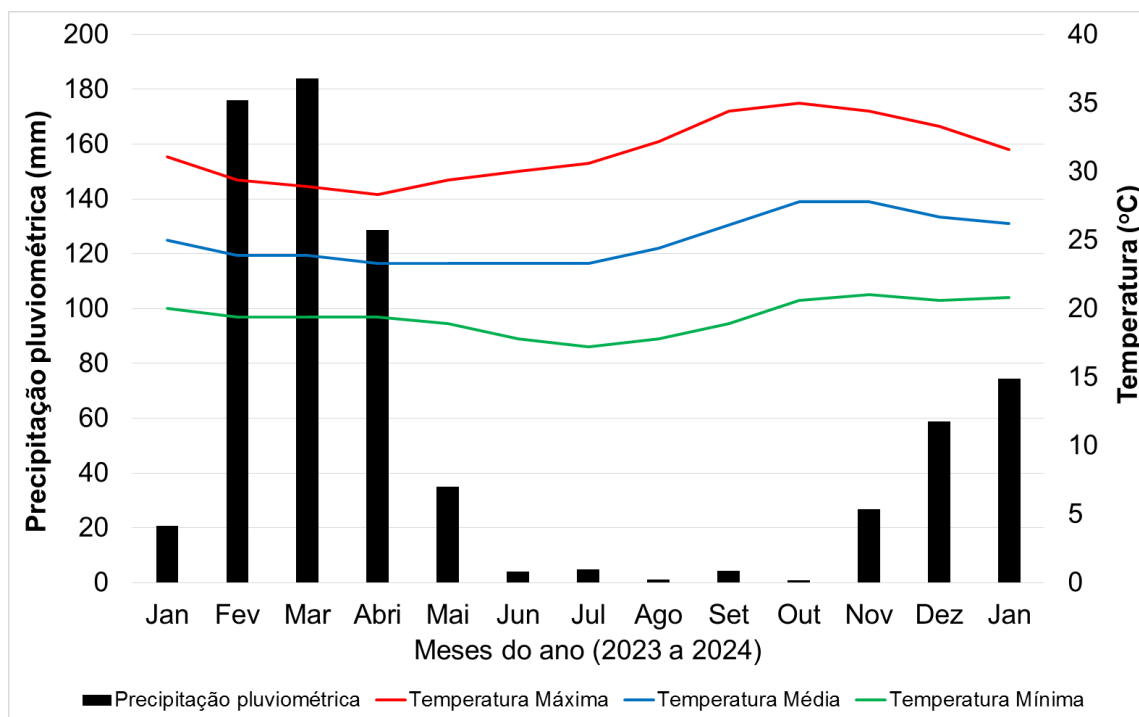


Figura 2 - Precipitação e temperatura média anual no município de Araripe, Ceará no período do experimento.

Fonte: Autoria própria (2023)

O trabalho foi realizado em uma área de 172,8 m², com histórico de plantio de mandioca há mais de 4 anos. O solo é do tipo médio, com 26% de argila (solo tipo 2, com teor de argila entre >15 a <35%) (Oliveira et al., 2003). Foi realizada uma aração na área antes do experimento (Figura 3). O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições, considerando dois tratamentos: parcelas que receberam manipueira e parcelas sem adubação. Cada parcela foi constituída por oito plantas.

O plantio foi realizado de forma manual, abrindo covas (berço) com ajuda de enxada, utilizando manivas-sementes de 15 cm de comprimento, da variedade crioula 'Pretinha' (Figura 4). Foi utilizado espaçamento de 1,0 metro entre fileiras e 0,90 metro entre plantas dentro da fileira (11.111 plantas ha⁻¹). Essa variedade foi escolhida por está adaptada à região e por ser bem aceita pelos produtores locais devido à sua produtividade e qualidade de raízes para a indústria.



Figuras 3 - Preparo do solo antes da implantação do experimento (A e B)

Fonte: Autoria própria (2023)



Figura 4 - Características de folhas e hastes da variedade crioula 'pretinha'.

Fonte: Autoria própria (2024)

A manipueira utilizada foi extraída do processamento de raízes da cultivar ("Pretinha"), classificada como brava, obtida em uma das casas de farinha no município. Essa etapa foi fácil, devido à mandiocultura na região ser a atividade principal e, com isso, apresentar um grande número de casas de farinha, gerando diariamente grande volume desse resíduo industrial com o beneficiamento das raízes.

Após a extração, a manipueira foi depositada em tanques (Figura 5) revestidos com lonas de polietileno para evitar lixiviação, e em seguida, transportada a quantidade necessária até o local do experimento, em reservatórios container IBC.

Ao chegar no local do experimento, foi transferida para uma caixa de polietileno (caixa d'água), ficando descoberta e em fermentação aeróbica (sem agitação) por 15 dias, para eliminação do ácido cianídrico (HCN) e fora do alcance de animais, de acordo com FERREIRA et al. (2001), após esse período, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é reduzida em 50%, mantendo-se estável e sem variações quanto ao pH e à atividade microbiológica.



Figura 5 - Tanques de armazenamento da manipueira utilizada no experimento

Fonte: Proprietário da casa de farinha (2024)

Uma caracterização química da manipueira foi realizada para analisar e quantificar os nutrientes presentes em sua composição (Quadro 1). Além de expressar os valores nos teores da análise, o quadro também mostra os valores em kg/m^3 e na dosagem por hectare que corresponde a utilizada neste trabalho que é kg/30m^3 .

Quadro 1 - Caracterização química e quantidade de nutrientes da manipueira da variedade crioula 'Pretinha'

Componentes analisados	Unidades	Teor na análise	Kg m ³	Kg em 30 m ³
Nitrogênio (N)	mg L ⁻¹	760,0	0,76	22,80
Fosforo (P)	mg L ⁻¹	12,12	0,01212	0,3636
Potássio (K)	mg L ⁻¹	1.680,0	1,68	50,40
Cálcio (Ca)	mg L ⁻¹	836,0	0,836	25,08
Magnésio (Mg)	mg L ⁻¹	78,40	0,0784	2,35
Sódio (Na)	mg L ⁻¹	41,94	0,042	1,26
Cloro (Cl)	mg L ⁻¹	2.127,0	2,127	63,81
pH	em água	5,6	—	—
CE	dS/m	12,52	—	—

Fonte: Autoria própria (2024)

A aplicação da manipueira foi realizada no dia 11/01/2023. A dosagem de 3 L/metro linear teve como base trabalhos científicos publicados sobre o tema, como os de Ferreira *et al.*, (2001), Diniz *et al.*, (2009) e Cavalcante *et al.*, (2021). Adicionalmente, foi realizada uma análise química do solo da área (Quadro 2), que evidenciou baixa fertilidade para o desenvolvimento da cultura.

Após o experimento na área adubada com manipueira foi realizada uma nova análise química do solo (0-20 cm) (Quadro 2) para compara-la com a análise inicial e verificar as alterações e os nutrientes residuais deixado pela aplicação da manipueira para o cultivo subsequente. Nem todos os nutrientes foram analisados, pois o laboratório da universidade enfrentava problemas com seus equipamentos.

Quadro 2 - Análise química do solo na profundidade de 0 a 20 cm antes e depois do experimento

Parâmetros	Unidades	Antes do experimento	Depois do experimento
		Teor	Teor
pH	água	5,9	5,1
CE	dS/m	0,04	1,58
Mat.Org	g/kg	----	10,75
Fosforo (P)	mg/dm ³	6,19	21,60
Potássio (K)	mg/dm ³	47,3	526,5
Sódio (Na)	mg/dm ³	11,7	45,9
Cálcio (Ca)	cmolc/dm ³	1	2,67
Magnésio (Mg)	cmolc/dm ³	0,8	1,08
Alumínio (Al ³⁺)	cmolc/dm ³	1	0,51
H+Al	cmolc/dm ³	0	0,66
SB	cmolc/dm ³	3,01	5,30
T	cmolc/dm ³	4,01	5,81
CTC	cmolc/dm ³	4,01	5,96
V	%	75,06	89
PST	%	2,4	3

Fonte: Autoria própria (2024)

A distribuição foi realizada com o auxílio de um regador para controlar a quantidade aplicada por metro linear (Figura 6), embora possa ser aplicada em grande escala, com máquinas agrícolas, caminhões pipas adaptados, ou mesmo com sistema de montagem direta e sistema autopropelido com carretel enrolador, utilizados na aplicação da vinhaça nos canaviais.



Figuras 6 - Área com a aplicação da adubação com manipueira.

Fonte: Autoria própria (2023)

Três dias após da aplicação, a superfície do solo foi revolvida para romper a camada endurecida, formada pela aplicação da manipueira, processo realizado com um rastelo (em grandes áreas, poderia ser feito com uma grade niveladora). Em seguida, no dia 14/01/2023 (3 dias depois), foi feito o plantio. O tratamento sem adubação foi submetido às mesmas condições de plantio, e todas as demais práticas de manejo para a cultura. Foram realizadas 8 capinas manuais, para o controle de plantas invasoras e evitar competição por nutrientes, tanto na área adubada quanto na testemunha.

A colheita, com tomada de dados para as características avaliadas foi realizada manualmente em 12/01/2024, após 12 meses do plantio. Esse período foi suficiente para a variedade completar seu ciclo, que varia de 12 a 18 meses. Nas avaliações utilizou-se balança de precisão (mg), balança suspensa (g) e trena (mm). As características avaliativas foram abrangentes, incluindo dados como ocorrências de ataque de pragas e sintomas de doenças nas raízes e parte aérea. O monitoramento periódico na área e a observação das raízes no momento da colheita confirmaram que todas estavam sadias.

Outras características foram avaliadas, como a altura da planta, medida tomada da base do caule até o ápice da planta; diâmetro do caule, medido a 30 cm acima do solo (Figura 7 A); a altura da primeira bifurcação, medida do solo até o ponto de ramificação do caule (Figura 7 B); o número de hastes, brotações a partir da maniva-mãe, contado antes da colheita (Figura 7); a massa da parte aérea, que considerou todo o material acima do solo como (folhas verdes, ramos verdes e hastes madura) de todas as plantas de cada parcela, colhidas e pesadas em balança suspensa, desconsiderando as raízes e cepas. Os resultados para essa característica são apresentados em kg por planta e valor estimado em $t\ ha^{-1}$ (Figura 14) utilizando a população de plantas por hectare de acordo com o espaçamento utilizado.

A média da quantidade de raízes e massa fresca de raízes (Figura 7 D, E, F), foi obtida de todas as plantas de cada parcela com pesos também anotados, e valores, do mesmo modo expressos também em kg por planta e $t\ ha^{-1}$.

As determinações do teor de matéria seca foram obtidas em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, durante 48 horas, no laboratório da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Para essa análise, foram coletadas

amostras de 1,0 kg de matéria fresca da parte aérea e das raízes de cada parcela experimental dos tratamentos aplicados. Para a retirada dessas amostras, foram escolhidas duas plantas por parcela, aleatoriamente, descartando-se as plantas das bordas e as adjacentes, totalizando 32 amostras em todo o experimento (Figura 8). As amostras foram pré-secadas ao ar livre, à sombra, antes de serem levadas para as estufas. Após 48 horas nas estufas, as amostras foram pesadas para determinar as massas secas de cada amostra (Figura 9).

Também foi avaliado o índice de colheita, obtido pela relação da massa de raízes pela massa total da planta (parte aérea + raízes). O teor de amido foi determinado pelo método da balança hidrostática, descrito por Grossman e Freitas (1950), sendo utilizadas amostras de 5 kg de raízes frescas de cada parcela (Figura 6 G). Em seguida, as raízes pesadas eram submersas em água com balança suspensa (peso submerso). (Figura 6 H).



Figura 7 - Avaliação e coleta de dados em campo: diâmetro do caule (A), altura da primeira bifurcação (B), parte aérea de plantas com e sem aplicação de manipueira (C), colheita das raízes (D), contagem (E), pesagem das raízes (F), estimação do teor de amido: pesagem da amostra seca (G) e pesagem da amostra submersa em água (H).

Fonte: Autoria própria (2024)

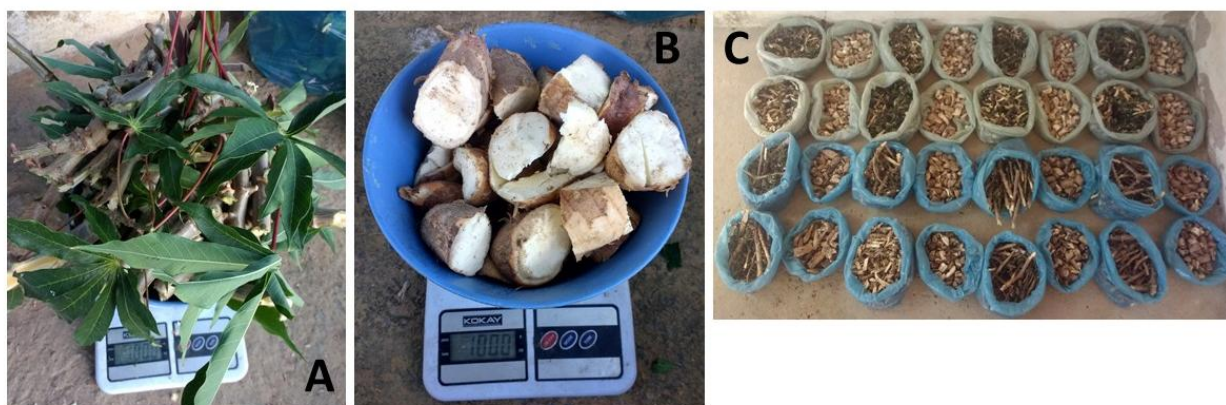


Figura 8 - Pesagem de massa verde parte aérea (A), raízes para secagem em estufa (B) e amostras preparadas (C).

Fonte: Autoria própria (2024)



Figura 9 - Secagem das amostras em estufa por 48 horas (A) e pesagem das amostras para quantificar a massa seca (B).

Fonte: Autoria própria (2024)

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Todas as características avaliadas apresentaram efeitos significativos com a aplicação da manipueira, considerando o Teste F ($p < 0,01$) (Figuras 10 a 18). Para os resultados de sintomas de pragas e doenças nas raízes e parte aérea, observou-se apenas a ocorrência de formigas cortadeiras na parte aérea de ambos os tratamentos, que rapidamente foram controladas com formicida, não acarretando danos significativos as plantas.

A altura da planta (Figura 10) e diâmetro do caule (Figura 11), com manipueira na dose de 3 L por metro linear, utilizada neste trabalho, foram superiores aos obtidos por Coelho e Santos (2023), que observaram 1,30 cm para altura da planta e 12,75 mm para diâmetro do caule no cultivo da mandioca no estado do Pará.

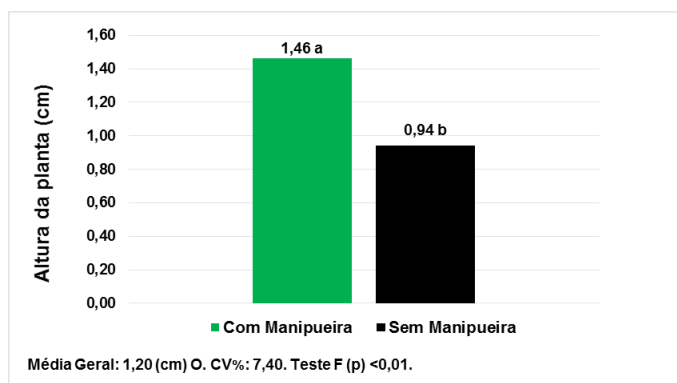


Figura 10 - Altura da planta para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

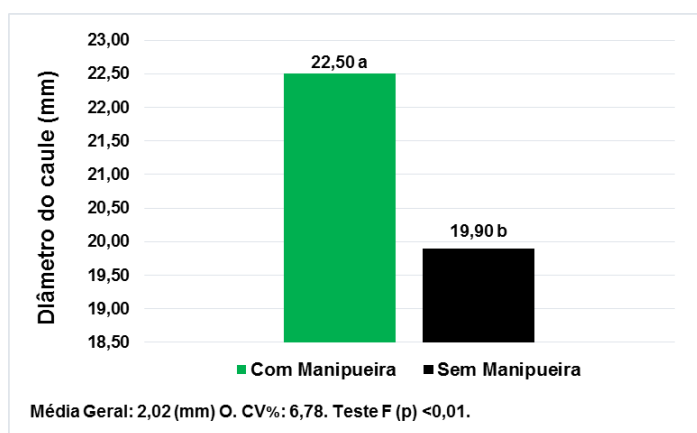


Figura 11 - Diâmetro do caule para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

Diâmetro maior do caule é um indicativo importante para a qualidade do material vegetal (manivas) utilizado em novos plantios. Isso ocorre porque hastes com maior diâmetro apresentam características vantajosas, como maior acúmulo de reservas (nutrientes e água), que servem como fonte de energia para o desenvolvimento inicial das plântulas, promovendo um crescimento mais vigoroso e uniforme, melhor capacidade de brotação por possuírem maior número de gemas

viáveis, aumentando a probabilidade de brotação e emergência das plântulas, além de maior tolerância a ocorrência de veranicos durante o primeiro mês de idade.

A altura da primeira bifurcação (Figura 12), que é uma característica importante para se prever a disponibilidade de material de plantio de maior comprimento, principalmente para atender plantios subsequentes com plantio mecanizado, também apresentou significância. As plantas adubadas com manipueira apresentaram altura 53% superior, ou (1,53 vezes) maior que as plantas da sem adubação.

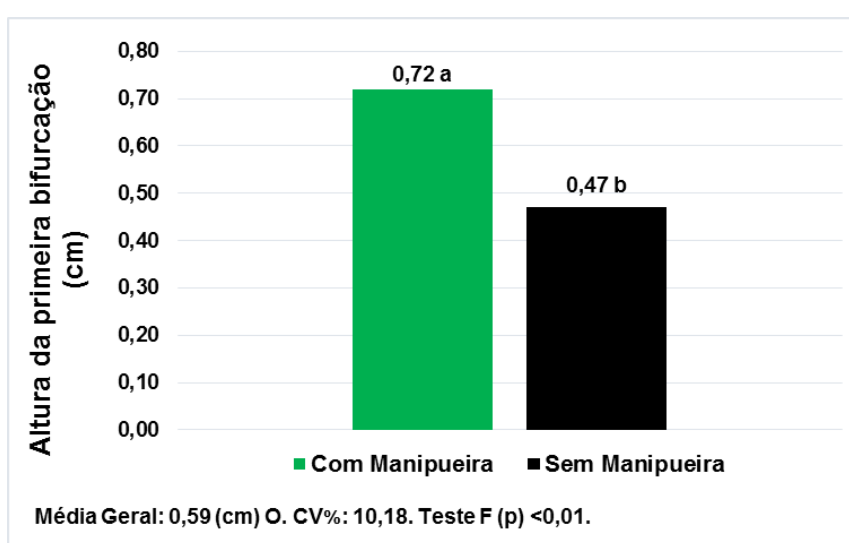


Figura 12 - Altura da primeira bifurcação para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

A característica de alturas da primeira bifurcação da planta é um fator fundamental por que está diretamente relacionada ao maior aproveitamento das hastes, sobretudo em plantios mecanizados, onde se requerem hastes grandes e sem retalhos para facilitar o plantio, com menor número de covas vazias e redução do tempo desse plantio. Além disso, a planta consegue ter um maior aproveitamento da fotossíntese, por reduzir efeitos de competição por luz.

O número de hastes (Figura 13), apesar de fatores fisiológicos da própria cultivar utilizada não apresentar característica de hastes múltiplas, apresentou um aumento de 21,9%, ou (1,2 vezes) mais hastes nas plantas adubadas com manipueira, em comparação à testemunha sem adubação.

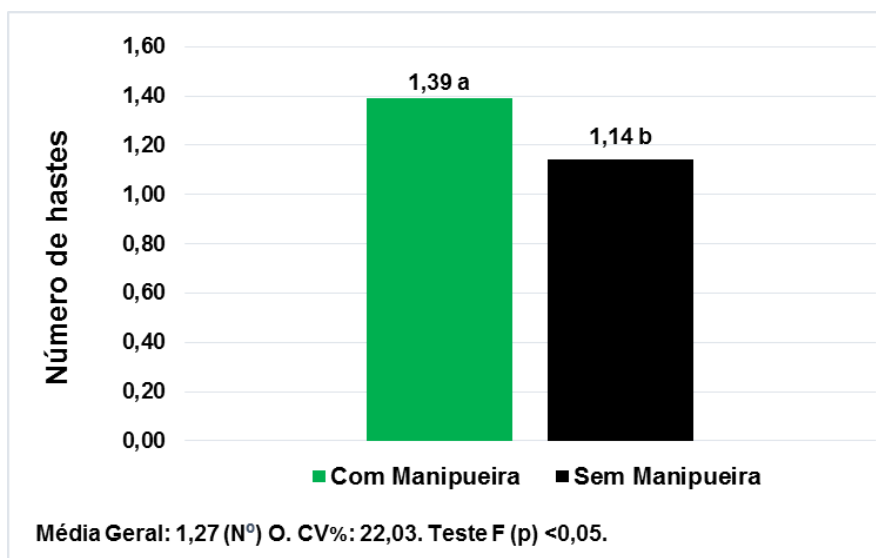


Figura 13 - Número de hastes para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

Esse ganho de 21,9% no número de hastes influencia diretamente na taxa de multiplicação das plantas, a partir de manivas-sementes para plantar uma nova área. Observa-se que os nutrientes na composição da manipueira, em especial o nitrogênio (N), provavelmente tenha sido os principais responsáveis por esse parâmetro e pelos demais relacionados ao crescimento vegetativo das plantas. Ferreira *et al.*, (2001) demonstram que o nitrogênio (N) é um dos nutrientes de maior representatividade na composição da manipueira e o principal componente do desenvolvimento da parte aérea.

As massas fresca e seca da parte aérea das plantas no tratamento adubado com manipueira apresentaram-se superiores à testemunha, massa fresca aumentou 51,6%, ou (1,5 vezes) mais e a massa seca aumento de 66,6%, ou (1,66 vezes) mais (Figura 14).

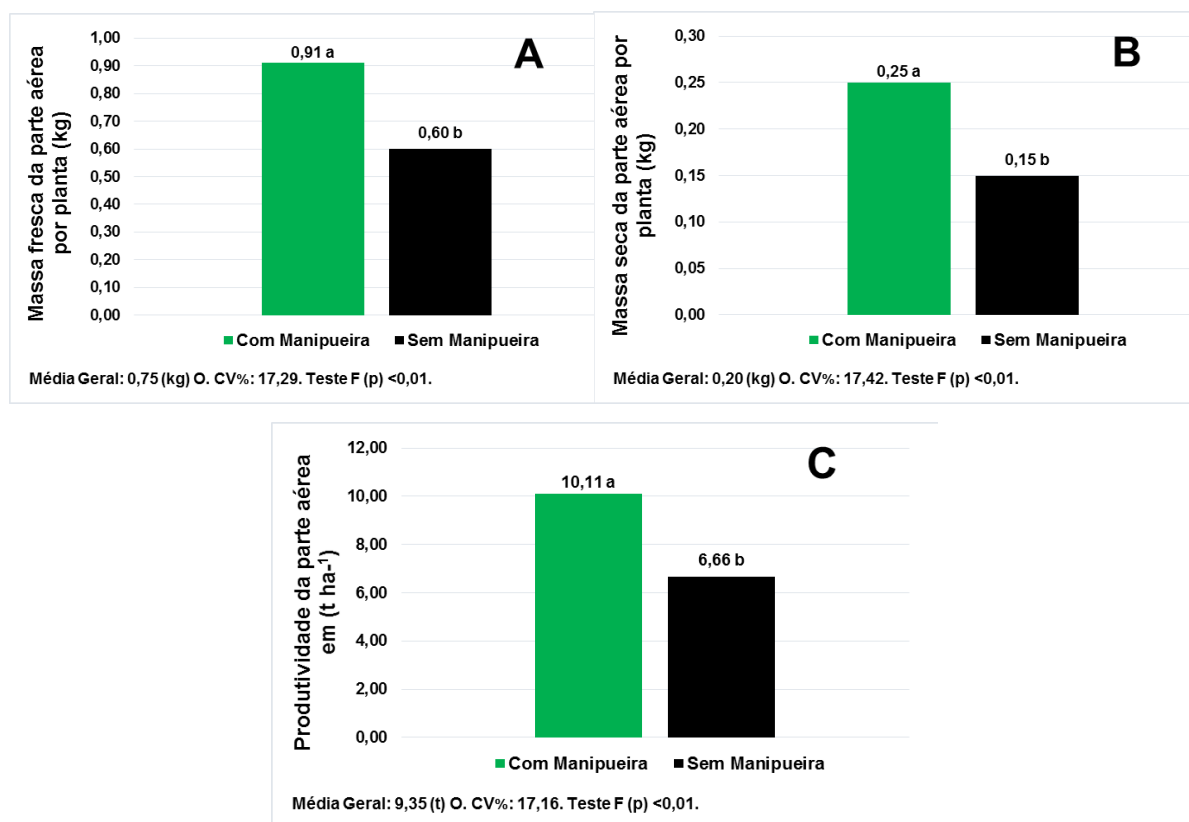


Figura 14 - Massa fresca da parte aérea por planta (A), massa seca da parte aérea por planta (B) e produtividade da parte aérea em t ha⁻¹ (C) para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

Esse aumento provavelmente pode ser atribuído à capacidade da manipueira de fornecer nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas. Alguns fatores ambientais da região, como pluviosidade, temperatura e o cultivo sucessivo na mesma área, podem influenciar em menores produção de massa, no entanto, mesmo com esses fatores abióticos negativos, os valores obtidos foram significativos para essa região.

O número de raízes por planta (Figura 15) no tratamento adubado com manipueira foi 112,7%, ou (2,12 vezes) maior do que na testemunha sem adubação.

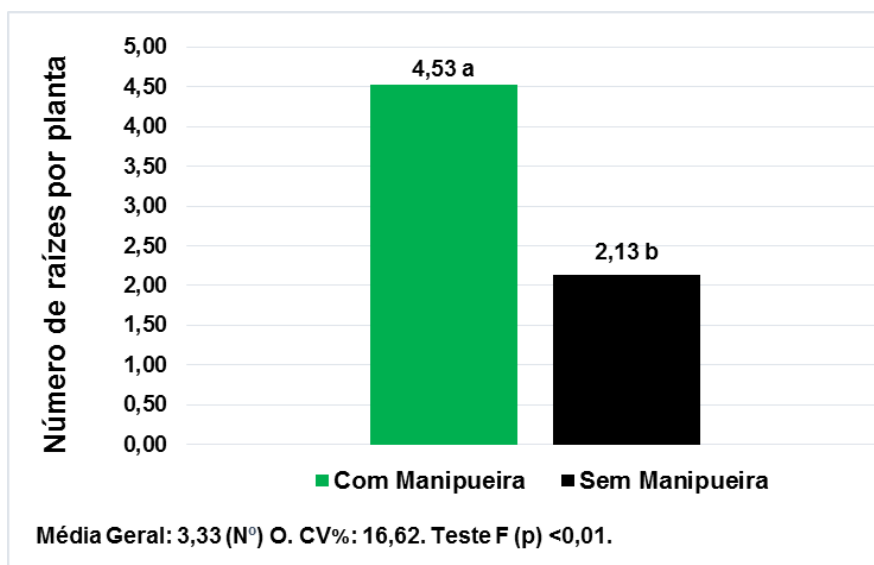


Figura 15 - número de raízes por planta para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

Apesar do baixo teor de fósforo na composição da manipueira, que é um nutriente importante para o desenvolvimento das raízes, o resultado obtido neste trabalho para número de raízes por planta mostrou-se superior ao valor encontrado no trabalho de Coelho e Santos (2023), que obteve um número de 3,87 raízes por planta. Segundo Silva & Delatorre (2009), a deficiência de fósforo pode levar a um menor desenvolvimento radicular. A resposta da planta a doses de fósforo aplicado depende da disponibilidade inicial deste nutriente no solo e ao teor de argila.

Quanto à característica massa fresca de raízes (Figura 16), a diferença foi significativamente superior à testemunha, obtendo-se a estimativa de quase 9,0 toneladas a mais por hectare.

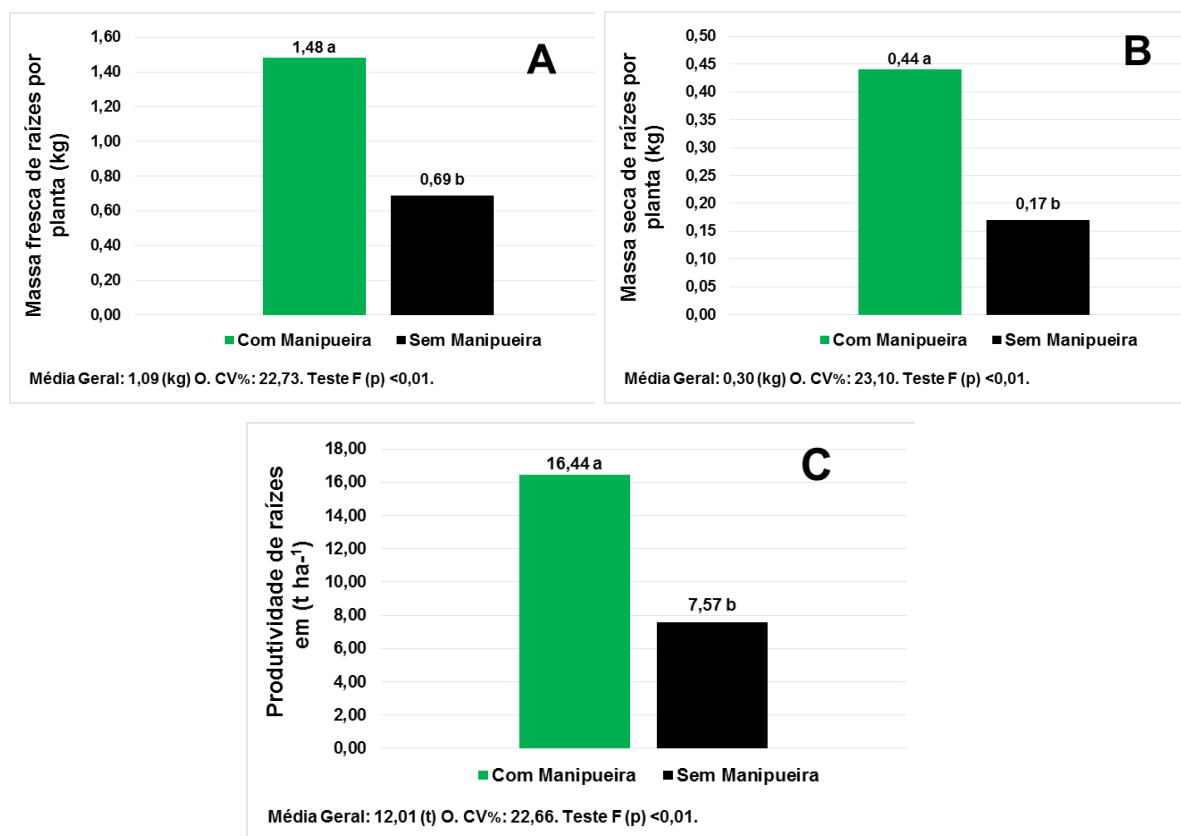


Figura 16 - Massa fresca de raízes por planta (A), massa seca de raízes planta (B) e produtividade de raízes (C) para mandioca crioula ‘Pretinha’ em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

Além dos nutrientes presentes na manipueira que eventualmente pode ter impactado positivamente para esse ganho, o cálcio se destaca. Por ser um nutriente de baixa mobilidade dentro da planta, o cálcio se move lentamente do solo para as raízes e folhas. Essa característica pode ser vantajosa, pois o cálcio pode ajudar a diminuir os efeitos da acidez do solo e melhorar a absorção de outros nutrientes pela planta (Silveira; Monteiro, 2011; Faquin, 2005), e dessa forma favorecer nos ganhos em produtividade.

O índice de colheita (Figura 17) que é uma característica utilizada para verificar a eficiência da produção da planta, mesmo com valores médios semelhantes entre os tratamentos adubados com manipueira e a testemunha sem adubação, apresentou diferença estatisticamente significativa.

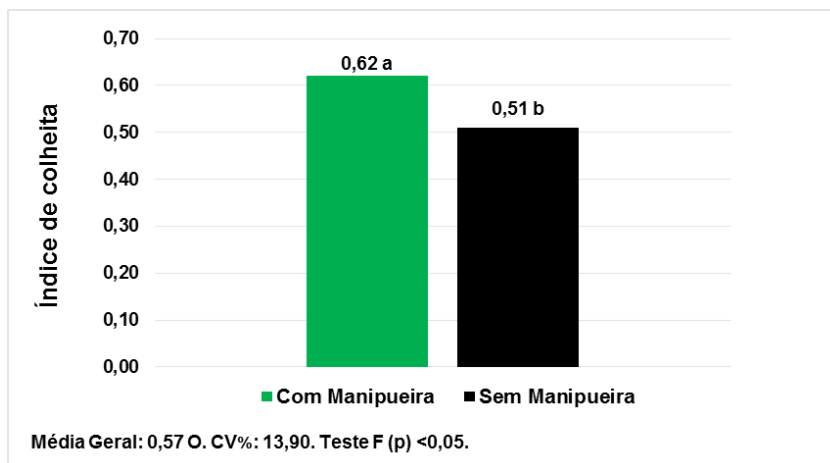


Figura 17 - Índice de colheita para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

Mesmo sendo um resíduo industrial, no momento a custo zero e acessível aos produtores na região de estudo, a manipueira pode levar a um aumento significativo na produção da cultura da mandioca.

O teor de amido (Figura 18) nas raízes da mandioca adubada com manipueira foi significativamente maior do que na mandioca sem adubação.

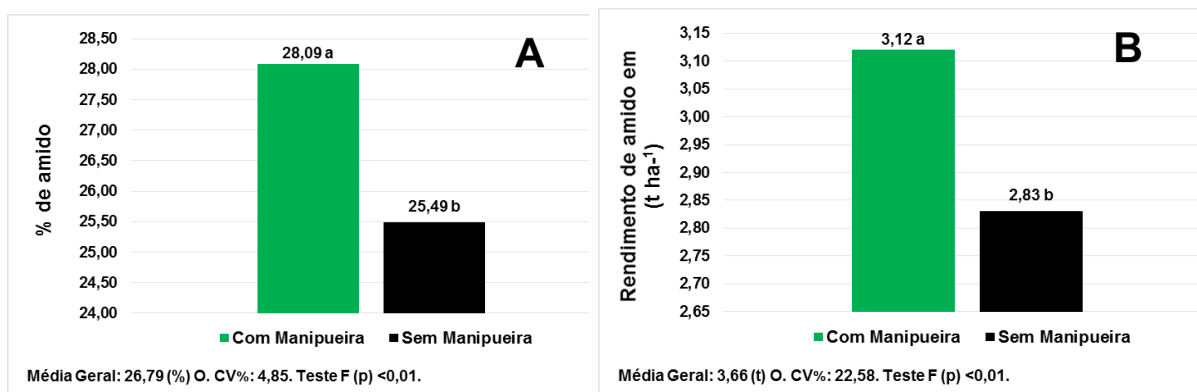


Figura 18 - Percentual de amido entre tratamentos (A) e rendimento de amido em t ha⁻¹ de raiz fresca (B) para mandioca crioula 'Pretinha' em solos com manipueira e sem adubação. Araripe, Ceará.

Fonte: Autoria própria (2024)

O teor de amido de 28,09% obtido com a adubação de manipueira foi próximo ao valor encontrado por Paganini *et al.*, (2012), em Santa Catarina, no tratamento os autores avaliaram a mandioca "Pretinha" após 12 meses de plantio submetida a 1 tonelada ha⁻¹ de calcário dolomítico, 40 kg ha⁻¹ de cama de aviário e 30 kg de potássio (K₂O) ha⁻¹, obtendo 32% de amido. Apesar da similaridade, vale ressaltar

que o presente estudo foi realizado em um contexto climático distinto, com precipitações acima da média durante o ciclo da cultura. É possível que essas chuvas tenham influenciado o resultado, pois estimularam a brotação da planta, esse aumento da brotação pode ter direcionado parte do amido das raízes para o crescimento vegetativo, reduzindo o acúmulo final.

Embora a manipueira tenha proporcionado um aumento significativo no teor de amido em comparação à testemunha sem adubação, a influência das chuvas antes da colheita, como foi mostrado anteriormente no gráfico termopluviométrico (Figura 2), provavelmente pode ter limitado um aumento ainda maior nesse parâmetro. Novas pesquisas podem confirmar esses resultados, em diferentes condições climáticas e com diferentes cultivares de mandioca.

Quanto à análise de solo da área após o experimento (Quadro 4), observa-se que todos os componentes sofreram alterações, exceto a matéria orgânica, cuja análise não foi realizada antes do experimento. Supõe-se que essas alterações foram causadas pelos resíduos da manipueira, que permanecerão no solo para o plantio subsequente. Segundo Ferreira et al., (2001). A aplicação de manipueira em solos de baixa fertilidade viabiliza um maior número de cultivos sucessivos na mesma área, demonstrando seus benefícios para a sustentabilidade da produção agrícola. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar a adubação constante com manipueira no solo ao longo do tempo.

A utilização da manipueira nos cultivos de mandioca na região é economicamente viável para o produtor, motivado pelo alto volume de produção da raiz. Em 2023, a região produziu aproximadamente 219.201 toneladas IBGE, (2023). Gerando um alto volume de manipueira. Considerando que as casas de farinha disponibilizam esse resíduo sem nenhum custo, isso permite que os produtores a obtenham e utilizem a um preço muito baixo em comparação com a compra de adubos minerais

Um levantamento foi feito para saber o custo de utilização da manipueira na região do experimento, com base na dosagem utilizada neste trabalho, de 3 litros por metro linear (30 m³/ha), considerando transporte e aplicação (Tabela 1).

Tabela 1 - Levantamento econômico de utilização da manipueira na região de Araripe, Ceará.

Volume 30 m³	Custo (R\$ ha⁻¹)
Transporte	270
Aplicação mecanizada	360
Valor total	630

Fonte: Autoria própria (2024)

Dependendo da distância entre a área de cultivo e a indústria o valor pode variar entre R\$ 630,0 a R\$ 845,0, sendo consideravelmente inferior aos custos com adubos minerais. Que para suprir a demanda da cultura por hectare, considerando 40 kg de nitrogênio (N) (ureia 45% N), 60 kg de superfosfato simples (P) (18% P₂O₅) e 40 kg de cloreto de potássio (K) (58% K₂O), os custos são de aproximadamente R\$ 1.472,0 (Terra fértil, 2024). Atualmente, os produtores podem reduzir os custos financeiros através dessa prática, em torno de 57 a 43 % e obter um aumento na produção final em aproximadamente 27%, comparada à média de produção da região colhida aos 12 meses de idade, que é de 12 t ha⁻¹ (IBGE, 2022).

O custo com a manipueira não foi contabilizado neste estudo, pois o proprietário da casa de farinha cedeu o produto gratuitamente, devido ao interesse em se livrar do resíduo. Isso demonstra o potencial da manipueira como alternativa mais econômica e sustentável para os produtores da região. Apesar disso, muitos ainda desconhecem o grande potencial da manipueira como adubo alternativo para seus cultivos.

A manipueira, como adubo para a mandioca, assim como a vinhaça é utilizada no cultivo da cana-de-açúcar, traz benefícios econômicos e ambientais para a agricultura. Segundo Glória e Orlando (1984), cada litro de álcool produzido gera cerca de 13 litros de vinhaça. Os custos de aplicação de vinhaça por canais de aspersão, considerando gastos com tubulações e aplicação por irrigador de carretel, geram um custo próximo a R\$ 2,35 por m³. Já o transporte em caminhão tanque e a aplicação por irrigação de carretel apresentam custos próximos a R\$ 2,83 por m³ (Funari, 2017). Esses sistemas podem ser facilmente implementados para aplicação da manipueira no cultivo da mandioca, sendo mais uma alternativa opcional à aplicação tradicional por caminhões-pipa adaptados.

Sustentavelmente, a utilização da manipueira evita problemas com o acúmulo do resíduo próximo às instalações das casas de farinha e o descarte descontrolado. Havendo um ganho para ambas as partes, para os produtores que obtém um adubo orgânico com potencial a um preço acessível e as casas de farinha que evitam problemas com o descarte inadequada da manipueira ao meio ambiente e, futuramente com a prática pode se ter um adicional na sua receita com a venda desse produto.

Além do mais Silva et al. (2012) afirmam que a aplicação de compostos orgânicos na agricultura impacta significativamente o solo, alterando os estoques de carbono e nitrogênio, além da qualidade da matéria orgânica. A manipueira sendo considerada um composto orgânico com potencial, provavelmente pode contribuir diretamente para o aumento do estoque de carbono no solo. Ademais, a manipueira melhora a agregação do solo, aumenta a disponibilidade de água, promove a fixação de nitrogênio atmosférico e fornece energia para os microrganismos do solo (Silva et al. 2012).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da manipueira como adubo orgânico para o cultivo da mandioca na dose de 3 litros por metro linear resultou em um aumento significativo na produtividade da mandioca na região de Araripe, Ceará. Mostrou-se ser uma alternativa viável, acessível e sustentável como adubo para a cultura na região.

As práticas do estudo podem ser facilmente aplicadas por produtores rurais da região do Araripe e outras regiões, representando uma alternativa eficiente aos adubos minerais na produção da mandioca. O estudo contribui para a redução da dependência de fertilizantes minerais e promove práticas agrícolas mais sustentáveis.

O estudo reconhece a falta de controle sobre fatores climáticos abióticos que podem ter influenciado os resultados. Abre caminho para a realização de novas pesquisas futuras que explorem os efeitos a longo prazo da manipueira no solo e na produtividade da mandioca em diferentes regiões e condições de cultivo.

7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANDRADE, G. G. Uso do Resíduo Tóxico Originado do Processamento da Mandioca na Suplementação Alimentar de Bovinos. Santo Antônio, RN, **SEAPAC**, 8p. Apostila. 2003.

ALVES, E. R. A.; VEDOVOTO, G. L. (Ed.). A indústria do amido de mandioca. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 201 p. (Embrapa. Secretaria de Administração Estratégica. Documentos, 6).

Disponível

em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159763/1/Industria-amido-mandioca.pdf>

ALVES, Alfredo Augusto Cunha et al. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. (ed.). Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 139-162.

Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1152564>

ABREU, R. L. DE. Map of Ceará state. 2006 Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ceara_MesoMicroMunicip.svg>.

ALBUQUERQUE, José AA et al. Caracterização morfológica e agronômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 388-394, 2009.

Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119012569003.pdf>

ARAÚJO, H. B. Potencialidades do uso da manipueira na agricultura. Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, 2016. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/944>

AGUILAR, Poliana Batista et al. Avaliação da composição bromatológica da casca da mandioca: uma alternativa para a alimentação animal no Vale do Juruá-Acre. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 1-10, 6 ago. 2020.

Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/5942>

ALVES, Davilla Alessandra Da Silva. Adubação orgânica e mineral na produtividade e qualidade físico-química de raízes de mandioca em sistema irrigado e de sequeiro. 2022. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/f2bdd035-f6a0-481e-925b-3f5a35271b2a>

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS. Paraná lidera produção nacional de mandioca com finalidade industrial. 2024. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Audio/Parana-lidera-producao-nacional-de-mandioca-com-finalidade-industrial>

ABAM-Associação Brasileira de Produtores de Amido de Mandioca. Os 20 maiores produtores de mandioca do mundo; Brasil está em quarto. 2023. Disponível em: <https://abam.com.br/os-20-maiores-produtores-de-mandioca-do-mundo-brasil-esta-em-quarto/>

BOTELHO, S. M.; POLTRONIERI, M. C.; RODRIGUES, J. E. L. F. MANIPUEIRA: UM ADUBO ORGÂNICO PARA A AGRICULTURA FAMILIAR. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 5, p. 1111–1116, 27 nov. 2009.

Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1513>

BORGES, Ana Lúcia. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021. 47 p.

Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/226951/1/livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>

CEBALLOS, H.; CRUZ, G. A. DE LA. Taxonomía y morfología de la yuca. In: **OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (Eds.).** La yuca en el tercer milenio. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2002. p. 16-31. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10568/55239>

CEREDA, M. P.; VOLPOUX, O.; TAKAHASHI, M. Balança hidrostática como forma de avaliação do teor de massa seca e amido. In: **CEREDA, M. P.; VOLPOUX, O. (Eds.).** Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas latino-americanas. São Paulo: Fundação Cargil, 2003. v. 3, n. 2, p. 30-47. Disponível em: <https://search.worldcat.org/pt/title/Tecnologia-usos-e-potencialidades-de-tuberosas-amilaceas-latino-americanas/oclc/708562664>

CARDOSO, Éria. Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação no efeito do solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho. 2005. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_59805b3222258410f000ec19e7b4501a

CNI- (Confederação Nacional da Indústria). Economia Circular: oportunidades e desafios para a indústria brasileira. Brasília: CNI, 2019. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/4/economia-circular-oportunidades-e-desafios-para-industria-brasileira/#economia-circular-oportunidades-e-desafios-para-a-industria-brasileira%20>

COELHO, Naima da Trindade; SANTOS, Rogério Prestes dos. Desenvolvimento de plantas de mandioca de mesa (Manihot esculenta Crantz) submetidas às diferentes doses de manipueira. 2023. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2023. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2954>

CONAB. Histórico mensal mandioca. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises->

do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca

COMEXSTAT. A cultura da mandioca no Brasil. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>

DE OLIVEIRA NUNES, Waldir et al. Resposta da mandioca à adubação mineral e a métodos de aplicação do potássio em solos de baixa fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 9, n. 9, p. 1-9, 1974.

Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/17240/0>

DE SOUZA DINIZ, Mauto et al. Efeito da manipueira na adubação da mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 5, p. 416-421, 2009. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1369>

DA SILVA, A. A; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 8, n. 2, p. 152-163, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5324>

DE LIMA, A. G. et al. Produtividade de mandioca avaliada sobre adubação fosfatada e a adubação de cobertura. **Pubvet**, v. 12, n. 8, p. 1–4, ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n8a151.1-4>

DE OLIVEIRA, L. B. et al. Avaliação da produtividade de mandioca em função de diferentes doses de fósforo / Evaluation of cassava productivity due to different doses of phosphorus. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72441–72452, 28 set. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n9-624

DERAL - Departamento de Economia Rural. Prognóstico 2021.1. Curitiba: DERAL, 2021. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Departamento-de-Economia-Rural-Deral>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Importância Econômica. Brasília: EMBRAPA, 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 10 abr. 2024.

FIORETTO, R. A. Manipueira - Caracterização Química e Utilização na Agricultura. Belém: **EMBRAPA**. 1994.

FUKUDA, Wania MG; GUEVARA, Claudia L. Descritores morfológicos e agronômicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). 1998. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/638631>

FERREIRA, W. de A. et al. Manipueira: um adubo orgânico em potencial. 2001. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/403315/1/OrientalDoc107.PDF>>.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) à Distância: Solos e Meio Ambiente – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 186 p., 2005. Disponível em: <<https://maiscursoslivres.com.br/cursos/7e7fab97d9eb25aea5ec128f702c2e2e.pdf>>.

FUNARI AMARAL GUSMÃO, S.; SANAE SATO, S.; CHIARI BERTOLLI, S. A viabilidade dos custos de utilização da vinhaça no cultivo de cana-de-açúcar. **COLLOQUIUM SOCIALIS**, v. 1, n. Especial2, p. 539–543, 23 ago. 2017.

FUNCEME (Índices de aridez do Estado do Ceará). Disponível em: <http://www.funceme.br/?page_id=5826>.

GROSSMANN, J.; FREITAS, A. C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agronômica**, v. 14, n. 160/162, p. 75-80, 1950.

GLÓRIA, N.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de vinhaça: Um resumo e discussões sobre o que foi pesquisado. R. **Álcool Açúcar**, v. 16, p. 32-39, 1984.

GROXKO, M. ANÁLISE DA CONJUNTURA AGROPECUÁRIA SAFRA 2011/12. MANDIOCULTURA, SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO ESTADO DO PARANÁ, 2011. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/mandiocultura_2011_12.pdf.

GUIMARÃES, Denílson Lopes Ferreira et al. Cadeia produtiva da mandioca no território brasileiro: inovações e tecnologias. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 1, p. 0017-0025, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.48017/dj.v7i1.2009>

HORSFALL Júnior, M.; Abia, A. A. Sorption of cadmium (II) and zinc (II) ions from aqueous solutions by cassava waste biomass (*Manihot esculenta*, Crantz). **Water Resource**, v.37, p.4913-4923, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.waters.2003.08.020>

IBGE- Produção Agrícola Municipal 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/araripe/pesquisa/14/10193>>.

INMET-Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>

JUNIOR, Eufêmio Steiner Gomes Juste et al. Comparação entre o método físico da balança hidrostática e métodos químicos na determinação do amido em raízes de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 55-57, 1983. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/221632/1/Comparacao-metodo-fisico-1983.pdf>>

JACKSON, J. et al. APOSTILA CULTURAS ALIMENTARES MANDIOCA NO ESTADO DO AMAPÁ: SITUAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS. EDITORES: MANAUS -AMAPÁ 2006. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174881/1/apostila-curso-mandioca.pdf>>.

JÚNIOR, Moisés de Souza Modesto et al. MANIPUEIRA COMO ADUBO ORGÂNICO PARA CULTIVO DA MANDIOCA EM ROÇA SEM FOGO, BAIÃO-PARÁ. (2011). Disponível Em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/910939/1/Resumo2.pdf>>.

LANDAU, Elena Charlotte; DA SILVA, Gilma Alves; ROCHA, Michele Silva. Evolução da produção de mandioca (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae). 2020. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1122683/1/Cap30-EvolucaoProducaoMandioca.pdf>>.

MAGOLBO, L. A. DE S. Efeito da adubação fosfatada no crescimento, produtividade e acúmulo de fósforo e amido em mandioca para indústria. **repositorio.unesp.br**, 21 fev. 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/181498>

MAGALHÃES, Cláudio P.; XAVIER-FILHO, J.; CAMPOS, Francisco AP. Biochemical basis of the toxicity of manipueira (liquid extract of cassava roots) to nematodes and insects. **Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques**, v. 11, n. 1, p. 57-60, 2000. Disponível em [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1565\(200001/02\)11:1<57::AID-PCA489>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1565(200001/02)11:1<57::AID-PCA489>3.0.CO;2-E)

Magalhães, MF de, Ramos, HR, & Bezerra, CM da S. (2024). Economia circular e práticas sustentáveis adotadas por agricultores familiares. **Revista De Administração Da UFSM** , 17 (1), e6. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1983465973670>

NASU, Érica GC et al. Efeito de manipueira sobre *Meloidogyne incognita* em ensaios in vitro e em tomateiros em casa de vegetação. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 032-036, 2010. DOI: 10.1590/S1982-56762010000100005

OLIVEIRA, L. B. et al. Classificação de solos planossólicos do Sertão do Araripe (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 685-693, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400013>

OTSUBO, Auro Akio; LORENZI, José Osmar; FRUTICULTURA, Cruz das Almas. Cultivo da mandioca na região Centro-Sul do Brasil. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/247449/1/SP20046.pdf>.

OLIVEIRA, A. M. G. et al. APLICAÇÃO DE INSUMOS ORGÂNICOS NO CULTIVO DE MANDIOCA. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 5, p. 222–223, 26 nov. 2009. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1331>

O Liberal. Maior produtor do Brasil para terá centro voltado a cadeia produtiva da mandioca. 2023. Disponível em: <https://www.oliberal.com/economia/maior-produtor-do-brasil-para-tera-centro-voltado-a-cadeia-produtiva-da-mandioca-1.543453>.

PINHO, Marise Machado Caribé de Araújo. Reaproveitamento de resíduos do processamento da mandioca (manipueira): avaliação de impactos químicos e microbiológicos no solo e utilização como fertilizante. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2007. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/5268>.

PAGANINI, Taise Pacheco et al. DESENVOLVIMENTO FOLIAR, RENDIMENTO DE RAÍZES E TEOR DE AMIDO EM MANDIOCA CULTIVADA COM CALCÁRIO, ADUBAÇÃO ORGÂNICA E POTÁSSICA. **Revista Técnico-Científica do IFSC**, p. 357-357, 2012. Disponível em: <https://ojs.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/538>.

POLA, Augusto Carlos; MORETO, Alexsander Luis; DA COSTA NUNES, Eduardo. Matéria seca em raízes de mandioca determinada pelos métodos da balança hidrostática e de secagem em estufa. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 1, p. 56-60, 2020. DOI: 10.52945/rac.v33i1.533

Portal Embrapa – Adubação- resíduos alternativos

Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/>

cultivos/cana/producao/correcao-e-adubacao/diagnose-das-necessidades-nutricionais/recomendacao-de-correcao-e-adubacao/adubacao-residuos-alternativos>.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado. Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2003. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/index.htm.

SANTOS, Armínio. Usos e impactos ambientais causados pela manipueira na microregião sudoeste da Bahia-Brasil. **Problemas sociales y regionales em América Latina: estudio de casos**. Barcelona: Universitat de Barcelona, p. 11-25, 2009. Disponível em: <<http://www.ub.edu/medame/PSSantos.pdf>>.

SANTOS, V. DA S. Mandioca: a raiz das nossas raízes. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em: www.infoteca.cnptia.embrapa.br

SILVEIRA, C. P; MONTEIRO, F. A. Influência da adubação com nitrogênio e cálcio nas características morfológicas e produtivas das raízes de capim-tanzânia cultivado em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 47-52, 2011. DOI: 10.1590/S1516-35982011000100007

SILVA, V. M., RIGO, M., MARTINS, C., & MENDONÇA, E. IMPACTO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA SOBRE OS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO E A QUALIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, 8(14), 2012. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3892>

SOUZA, J. K. C. DE et al. FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 11, n. 2, p. 7–12, 1 ago. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.30969/acsa.v11i2.532>

SOUZA, Bianca Cristina Matos de; CAMPOS, Ruth Souza de. Adubação organomineral na cultura da mandioca (*manihot esculenta crantz*). Orientador:

Leonardo Elias Ferreira. 2019. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2019. Disponível em: bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/642

SOUZA, E. P. DE; SILVA, J. E. V. C. DA; FERREIRA, L. E. USO DA MANIPUEIRA NO DESENVOLVIMENTO DAS CULTURAS ALIMENTARES: REVISÃO NARRATIVA. **Agronegócio: técnicas, inovação e gestão**, p. 136–148, 2020. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/uso-da-manipueira-no-desenvolvimento-das-culturas-alimentares-revisao-narrativa>

Terra Fértil, Loja Online. 2024. Disponível em: <https://loja.terrafertil.com.br/>.

WOSIACKI, G.; CEREDA, M. P. Valuation of cassava processing residues the production of trichosporon sp biomass. 2002. Disponível em: <https://ri.uepg.br/riuepg/handle/123456789/595>

Weather Spark. Clima, condições meteorológicas e temperatura média por mês de Araripe (Brasil). Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30922/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Araripe-Brasil-durante-o-ano>.