

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SÃO PAULO**

**CAMPUS AVARÉ**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

**AMANDA MARIA CORREIA GARCIA**

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE BANANEIRAS  
UTILIZADAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS EM UM  
CÍRCULO DE BANANEIRAS**

**AVARÉ**

**2023**

**AMANDA MARIA CORREIA GARCIA**

**CÍRCULO DE BANANEIRAS: TECNOLOGIA SOCIAL PARA  
TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Avaré, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientador(a): Prof(a) Me. Celso Daniel Galvani Junior

AVARÉ

2023

Catálogo na fonte

Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré

Biblioteca Linda Bimbi

Bibliotecária: Anna Karolina Dias Moreira- CRB-8/9563

Garcia, Amanda Maria Correia

Avaliação do desenvolvimento de bananeiras utilizadas para tratamento de águas cinzas em um círculo de bananeiras / Amanda Maria Correia Garcia. – Avaré, 2023. 43 p.

Orientador: Prof. Me. Celso Daniel Galvani Junior

Monografia (Graduação – Bacharelado em Engenharia de Biosistemas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Avaré, 2023.

1. Meio Ambiente. 2. Saneamento rural. 3. Bananas. I. Galvani Junior, Celso Daniel II. Título.

ATA N.º 2/2024 - CME-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP

### Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE BANANEIRAS UTILIZADAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS EM UM CÍRCULO DE BANANEIRAS** apresentado pela aluna **Amanda Maria Correia Garcia**, prontuário AV3001369, do Curso **SUPERIOR EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**, (Câmpus Campus Avaré). Os trabalhos foram iniciados às 16:00h pelo(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

| Membros   | IES                       | Presença (Sim/Não) | Aprovação/Conceito |
|---|---------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Celso Daniel Galvani Junior</b><br>(Presidente/Orientador) | IFSP-<br>Câmpus<br>Avaré  | Sim                | 7,82               |
| <b>Maria Cristina Marques</b> (Examinador 1)                  | IFSP -<br>Câmpus<br>Avaré | Sim                | 8,45               |
| <b>Arejacy Antônio Sobral Silva</b><br>(Examinador 2)         | IFSP -<br>Câmpus<br>Avaré | Sim                | 8,24               |

#### Observações:

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do(a) candidato(a). Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado(a)

Reprovado(a)

Nota Final: 8,0

O segundo examinador é avaliador externo:

Sim  Não

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Campus Avaré,

2 de fevereiro de 2024

Documento assinado eletronicamente por:

- Celso Daniel Galvani Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2024 19:58:45.
- Arejacy Antonio Sobral Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2024 20:46:58.
- Maria Cristina Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2024 23:36:58.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/02/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 689028  
Código de Autenticação: 038f113c0



Dedico este trabalho a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Roque Aparecido Garcia, minha mãe Vanda de Fatima Correia Garcia, minhas irmãs Andresa de Fatima Correia Garcia Leandro e Ana Carolina Correia Garcia Bueno, ao meu noivo Igor Henrique da Silva e meu filho Matheus Garcia da Silva.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela minha vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Ao meu filho Matheus Garcia da Silva, por me motivar a não desistir e ser uma pessoa melhor a cada dia.

Aos meus pais, Roque Aparecido Garcia e Vanda de Fátima Correia Garcia, minhas irmãs, Andressa de Fátima Correia Garcia Leandro e Ana Carolina Correia Garcia Bueno, aos meus cunhados Cleverton Freitas Leandro e Willian Bueno, aos meus sobrinhos Joaquim e Pedro, ao meu noivo Igor Henrique da Silva, a minha sogra Rosilda e cunhada Camille, que sempre me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava a realização deste curso.

As minhas amigas, Carol, Fernanda, Julia e Mara que me apoiaram e incentivaram durante todo o curso.

Agradeço ao meu orientador Celso Daniel Galvani Junior, por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

"Eu não falhei, encontrei 10 mil soluções que não davam certo"

THOMAS A. EDISON

## RESUMO

O reuso da água e a conservação do solo são ferramentas imprescindíveis para conservação da vida no planeta terra. A população rural brasileira tem uma elevada carência de serviços de saneamento, ficando responsável pelo tratamento de seu próprio esgoto. O círculo de bananeiras é uma tecnologia social, usada para tratamento das águas cinzas, aproveitando água e nutrientes para produção de bananas. Nesse sentido, realizou-se um estudo de caráter experimental para verificar a produtividade de bananeiras nesse sistema, em um delineamento totalmente casualizado, com 3 tratamentos e 4 repetições. O experimento foi composto por um tratamento controle (B: sem adubação de cobertura e irrigação), tratamento seguindo recomendações para um sistema comercial orgânico (A: com irrigação e adubação de cobertura) e círculo de bananeiras (C: recebendo águas cinzas de uma residência). A análise estatística dos resultados para diâmetro de pseudocaule, altura das plantas e número de mudas mostrou que os tratamentos C (círculo de bananeiras) e A (padrão comercial) não mostraram diferença significativa entre si. Ou seja, o desenvolvimento das plantas do círculo de bananeiras obteve um resultado similar ao tratamento de padrão comercial.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente, Saneamento rural, Bananas

## **ABSTRACT**

Water reuse and soil conservation are essential tools for conserving life on planet Earth. The Brazilian rural population has a high lack of sanitation services, leaving them responsible for treating their own sewage. The banana circle is a social technology used to treat gray water, using water and nutrients to produce bananas. In this sense, an experimental study was carried out to verify the productivity of banana trees in this system, in a completely randomized design, with 3 treatments and 4 replications. The experiment was composed of a control treatment (B: without top dressing and irrigation), a treatment following recommendations for an organic commercial system (A: with irrigation and top dressing) and a circle of banana trees (C: receiving greywater from a residence). Statistical analysis of the results for pseudostem diameter, plant height and number of seedlings showed that treatments C (circle of banana trees) and A (commercial standard) did not show a significant difference between them. In other words, the development of plants in the banana circle obtained a result similar to the commercial standard treatment.

**Keywords:** Environment, Rural sanitation, Bananas.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1- Esgoto residual exposto diretamente ao solo. /Fonte: Elaborado pela autora.....   | 13 |
| Figura 2– Esgoto residual em círculo de bananeiras. / Fonte: Elaborado pela autora.....   | 14 |
| Figura 3- Cacho do círculo de bananeira. / Fonte: Elaborado pela autora.....  | 14 |
| Figura 4 - Círculo de bananeiras (Figueiredo et al. 2018).....  | 28 |
| Figura 5 - Propriedade rural. / Fonte: Elaborado pela autora.....   | 30 |
| Figura 6 - Lançamento das águas cinzas no círculo de bananeira/Fonte: Elaborado pela autora...  | 31 |
| Figura 7 - Tratamento A (Padrão Comercial) / Fonte: Elaborado pela autora.....  | 33 |
| Figura 8 - Tratamento B (Controle) / Fonte: Elaborado pela autora.....  | 33 |
| Figura 9- Tratamento C (círculo de bananeiras)/ Fonte: Elaborado pela autora.....   | 34 |
| Figura 10 - Demonstração das duas tubulações de águas cinzas saindo da residência até a bacia do círculo de bananeiras. / Fonte: Elaborado pela autora..... | 35 |
| Figura 11- Bacia do círculo de bananeiras em fase de execução. / Fonte: Elaborado pela autora..   | 36 |
| Figura 12- Plantio das mudas de bananeiras/fonte/ Elaborado pela autora.....  | 36 |
| Figura 13 -Diâmetro do pseudocaule/fonte: Elaborado pela autora .....   | 38 |
| Figura 14 - Altura/ fonte: Elaborado pela autora.....   | 39 |
| Figura 15 - Quantidade de mudas/ fonte: Elaborado pela autora.....  | 40 |
| Figura 16 – Análise das variáveis/ fonte: Elaborado pela autora.....  | 41 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 12        |
| 2. PROBLEMATIZAÇÃO .....  | 13        |
| 3. OBJETIVOS .....  | 15        |
| <b>3.1 OBJETIVO GERAL .....</b>                                 | <b>15</b> |
| <b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>                          | <b>15</b> |
| 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                  | 16        |
| <b>4.1 BANANICULTURA .....</b>                                  | <b>16</b> |
| <b>4.2 ESTRUTURA DA PLANTA .....</b>                            | <b>16</b> |
| <b>4.3 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, DE SOLO E DEMANDA HÍDRICA.....</b> | <b>17</b> |
| <b>4.4 TÉCNICAS CULTURAIS.....</b>                              | <b>22</b> |
| <b>4.5 NUTRIENTES.....</b>                                      | <b>24</b> |
| 4.5.1 Macronutrientes.....                                      | 24        |
| 4.5.2 Micronutrientes.....                                      | 25        |
| <b>4.6 ADUBAÇÃO ORGÂNICA .....</b>                              | <b>26</b> |
| <b>4.7 SANEAMENTO RURAL .....</b>                               | <b>27</b> |
| <b>4.8 CÍRCULO DE BANANEIRAS.....</b>                           | <b>28</b> |
| 5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....                              | 30        |
| <b>5.1 LOCAL DO EXPERIMENTO .....</b>                           | <b>30</b> |
| <b>5.2 TRATAMENTOS .....</b>                                    | <b>31</b> |
| <b>5.3 PREPARO DO PLANTIO .....</b>                             | <b>32</b> |
| <b>5.4 PLANTIO.....</b>   | <b>34</b> |
| <b>5.5 PÓS PLANTIO.....</b>                                     | <b>36</b> |
| <b>5.6 CONTROLE DAS VARIÁVEIS.....</b>                          | <b>36</b> |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                                | 37        |
| 7. CONCLUSÕES .....   | 41        |
| 8. REFERÊNCIAS.....   | 42        |

## 1. INTRODUÇÃO

A fruta mais consumida no mundo, e o alimento básico de milhões de pessoas, é a banana. No agronegócio mundial e brasileiro, a bananicultura é uma das principais atividades econômica e social, ajudando na geração de empregos dos produtores de pequeno, médio e grande porte (Sejas, 2021).

O saneamento ambiental tem como um de seus objetivos escoar e tratar os dejetos dos diversos aglomerados populacionais. É muito importante a coleta e tratamento do esgoto para saúde pública, evitando contaminações e doenças, além de preservar o meio ambiente (Smiderle *et al.* 2020). De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, a população rural do Brasil tem uma elevada carência de serviços de saneamento. O esgotamento sanitário tem uma situação ainda mais crítica, quando comparado ao abastecimento de água. Com apenas 57,6 % dos domicílios brasileiros, ligados diretamente a rede coletora. Em análise focada em áreas rurais esse percentual é de 5,1 % dos domicílios rurais com coleta ligada diretamente à rede geral, 26,2 % utilizam fossa séptica (ligada ou não a rede coletora). 49,9 % fossa rudimentar e 11,4% não dispõem de nenhuma solução. Comparando todos os estados brasileiros, nas áreas rurais, a fossa rudimentar tem um percentual muito mais elevado do que os outros tipos de destino, exceto na Região Sul, em que o valor quase se iguala a fossa séptica não ligada a rede coletora, aproximando-se de 50 %, oposto do que se avaliou nas Regiões Norte e Nordeste com alto percentual de moradias sem soluções para o esgotamento (Resende *et al.* 2018).

O círculo de bananeira é uma tecnologia social, visando o aproveitamento das águas cinzas, provenientes da cozinha, lavagem de roupa e chuveiro. Os componentes poluentes do esgoto das águas cinzas, em sua maioria servem como nutrientes para as plantas, sem risco de contaminação do interior dos tecidos e frutos da planta (Figueiredo *et al.* 2018). Além de manter a produção de bananeiras irrigadas e nutridas, o reuso de águas cinzas fomenta a recarga do lençol freático, diminui gastos com tratamento de água, reduz o volume de esgoto e decresce custos com energia e produtos químicos (Reis, 2022). É uma alternativa prática, barata e fácil de ser implantada, além de possibilitar uma boa produção de bananeiras, garante baixo custo inicial e manutenção do tratamento, não utilização de produtos químicos e o privilégio da harmonia paisagística, diminuindo mal cheiro, embelezando o ambiente, entre outros (Reis, 2022).

## 2. PROBLEMATIZAÇÃO

Segundo o Atlas do Saneamento de 2011 do IBGE, a falta de sistemas de esgotamento sanitário atinge cerca de 44,8 % dos municípios brasileiros. A cada dez pessoas sem acesso a sistemas de saneamento, sete estão em áreas rurais (Resende *et al.* 2018).

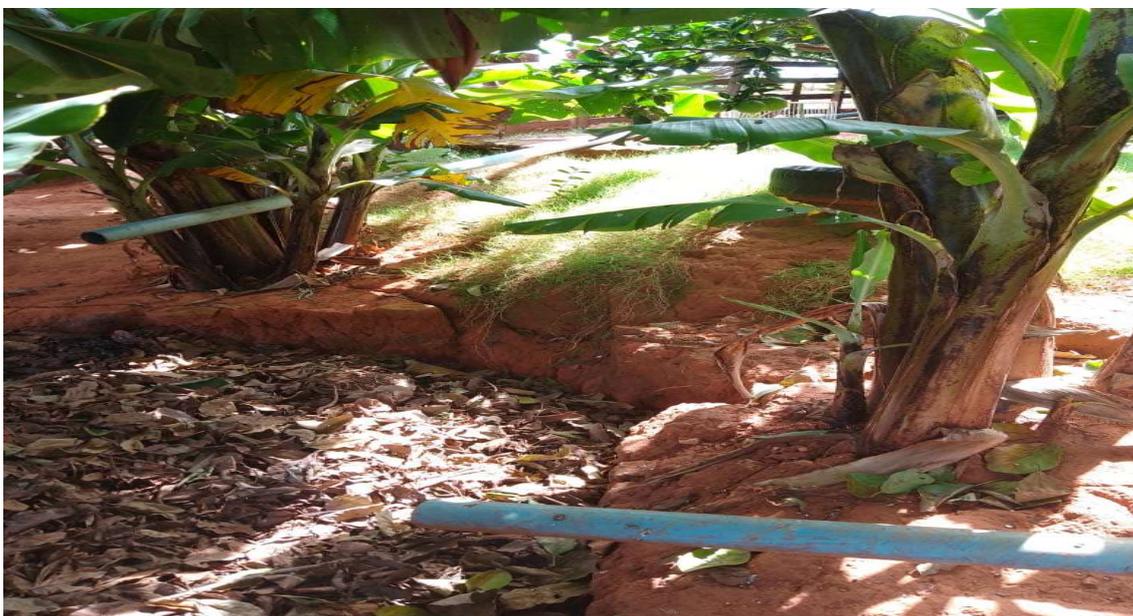
Em várias residências de zona rural, é comum a prática de lançar as águas cinzas, oriundas de pias, chuveiro e lavanderia, diretamente no solo, conforme ilustrado na figura 1. Essa prática tem diversos problemas associados, como contaminação de solo e riscos sanitários ao expor animais e pessoas ao risco de contato direto com esse efluente.

**Figura 1** – Esgoto Residual exposto diretamente ao solo



Fonte: Elaborado pela autora, 2021

**Figura 2** – Esgoto Residual em Círculo de bananeiras



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

**Figura 3** – Cacho do círculo de bananeira



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o desenvolvimento de bananeiras utilizadas em círculos de bananeiras para o tratamento de águas cinzas.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Medir o diâmetro do pseudocaule das plantas;
- b) Medir a altura das plantas;
- c) Medir o número de mudas presentes em cada planta.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 BANANICULTURA

Originaram-se a maioria das bananeiras no Sudoeste do Continente Asiático, onde as espécies que participaram de sua evolução foram a *Musa acuminata* Colla e a *Musa balbisiana* Coll (Silva *et al.* 2013).

A fruta mais consumida no mundo, e o alimento básico de milhões de pessoas, é a banana. No agronegócio mundial e brasileiro, a bananicultura é uma das principais atividades econômica e social, ajudando na geração de empregos dos produtores de pequeno, médio e grande porte (Sejas, 2021).

O brasileiro consome em média 25 quilos de banana per capita/ano, de acordo com a Pesquisa de Orçamentos familiares (POF) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No Brasil, a banana pode ser cultivada o ano todo de norte a sul, devido as condições climáticas. A estimativa da produção em 2021 segundo IBGE, foi de 7 milhões de toneladas em uma área de 465,9 mil hectares. Atrás apenas de Índia, China e Indonésia, o Brasil é o quarto maior produtor de banana no mundo, onde apenas 1 % é exportado. As variedades de banana mais produzidas no Brasil é a prata, nanica, maçã e ouro. Segundo dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA/IBGE), o maior estado produtor no Brasil é São Paulo, com 1 milhão de toneladas e participação de 15,3% do total nacional. Bahia com 878,5 mil toneladas, Minas Gerais 801,7 mil/t e Santa Catarina 714,3 mil/t (CNA, 2021).

### 4.2 ESTRUTURA DA PLANTA

O sistema radicular contém raízes primárias, secundárias e terciárias, sendo inicialmente fasciculadas e posteriormente suberosas quando maduras. Sua principal função é absorver água e nutrientes através da sua extensão no solo. Podem atingir de 5 a 10 metros, dependendo do genótipo e das condições edáficas, em geral 70% das raízes são encontradas a uma profundidade de até 20 cm (Lima *et al.* 2012).

O rizoma, conhecido como o caule subterrâneo verdadeiro, tem sua estrutura esférica, e seu desenvolvimento todo no solo. Originam-se folhas (gemas) parte superior do caule subterrâneo e raízes na parte inferior (Filho, 2016). A região central do rizoma começa a necrosar da base para o ápice, fenômeno que inativa as raízes basais e limita a emissão de novos rebentos e raízes, à medida que a planta se aproxima da fase de florescimento (Lima *et al.* 2012).

O pseudocaule, tem sua estrutura constituída por bainhas das folhas da bananeira. Sua parte aérea inicia um processo de degeneração que culmina com a secagem total dos tecidos, assim que amadurece um cacho (Lima *et al.* 2012).

A folha de bananeira tem quatro partes: Bainha Foliar, Pseudopecíolo (começa na região em que a bainha apresenta o ponto de início do estrangulamento em “U” e termina onde os limbos foliares se expandem), Nervura Central e Limbo Foliar. É chamada de vela, charuto ou folha-bandeira, a folha que não se abriu. As bainhas das folhas se fixam no caule subterrâneo de forma concêntrica, gerando arcos cuja extremidade não se tocam e determinando o aparecimento de um conjunto de células pequeno, denominado gema lateral de brotação. A gema apical sofre diversas bipartições, dando origem a uma folha, quanto mais folhas geradas, mais gemas laterais apresentará. A bananeira chega a produzir de 25 a 35 folhas durante o ciclo, ou seja, uma folha a cada 7 a 10 dias (Lima *et al.* 2012).

O pedúnculo (engajo) é um suporte que sustenta o cacho de bananeiras, seu início se dá na última folha e termina na primeira penca, como um formato de bengala. O ráquis é a continuação do engajo, definida botanicamente como eixo da inflorescência, que é onde se inserem as flores. Começa do ponto de inserção da primeira penca e termina no botão floral. Pode ser dividida em inflorescência feminina, masculina ou hemafrodita, conforme o sexo das pencas das flores que nela se inserem. À medida que a ráquis se alonga, sua extremidade final fica mais fina, podendo terminar com apenas 2 cm ou menos de diâmetro; O coração tem a função de proteger as flores que darão origem aos frutos (Domingues, 2011).

#### 4.3 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, DE SOLO E DEMANDA HÍDRICA

A faixa de temperatura para exploração racional da cultura é de 15°C a 35°C, sendo a temperatura ótima para desenvolvimento normal das bananeiras em torno de 28°C (Borges *et al.* 2021). Níveis de temperatura essencialmente tropicais encontrados nas regiões Norte e Nordeste, e regiões como Sudeste e Centro – Oeste. Há cultivos em microrregiões homogêneas subtropicais dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, onde as cultivares Nanica, Nanicão e Grande Naine, com melhor tolerância ao frio, são mais utilizadas (Lima *et al.* 2003).

Em temperaturas abaixo de 15°C a atividade da planta é paralisada, abaixo de 12°C ocorre um distúrbio fisiológico conhecido como chilling ou “friagem”, que afeta os tecidos dos frutos,

principalmente os de casca, prejudicando o processo de maturação. Temperaturas baixas provocam também a compactação da roseta foliar, dificultando o lançamento da inflorescência ou provocando seu “engasgamento”, que deforma o cacho e inviabiliza sua comercialização. Já em temperaturas altas, superiores a 35°C, ocorre a desidratação dos tecidos em particular o das folhas (Borges *et al.* 2004).

A bananeira tem um consumo de água elevado, em virtude de sua morfologia e da hidratação de seus tecidos. Uma precipitação anual de 1.900 mm bem distribuída no decorrer do ano, resulta em uma produção positiva, sem deficiência hídrica ou sem estação seca (Cordeiro, 2000). Em regiões com baixa precipitação pluviométrica (500 mm a 600 mm/ano), a deficiência hídrica é permanente, carecendo irrigação suplementar a fim de obter boa produção. A utilização de cobertura morta do solo para conservar a umidade, vem sendo uma das várias alternativas práticas com manejos de solo (Lima *et al.* 2012).

Portanto, deve se considerar quanto ao regime pluviométrico, não o total anual da precipitação, mas sua distribuição durante o ano. Em regiões de alta evapotranspiração, como o semiárido nordestino, é necessário mesmo assim irrigar nos meses de novembro e fevereiro e quando a precipitação for inferior a 80 mm/mês. No verão em outras regiões, a irrigação será necessária, caso a precipitação for inferior a 60 mm/mês. O método de irrigação localizada, tem sido o mais indicado por ser mais eficiente, exigindo pouca mão de obra, e permitindo irrigar com baixo volume e alta frequência. A água é aplicada diretamente nas raízes das plantas, com total automação do sistema, mantendo o solo com níveis adequados de umidade continuamente (Lima *et al.* 2012).

Não existe um consumo de água fixo, essa necessidade vai variar conforme as condições de evapotranspiração locais, o que depende das condições meteorológicas e do estágio da planta. No intervalo de 6 meses desde o plantio, em dias nublados e ar úmido a cultura consome de 1 mm/dia a 2 mm/dia; Dias ensolarados e secos de 2 mm/dia a 4 mm/dia. Após os 7 meses, em dias nublados e ar úmido, o consumo varia de 2 mm/dia a 3 mm/dia. Em dias ensolarados e secos de 4 mm/dia a 6 mm/dia. Os períodos mais sensíveis ao déficit hídrico, são os de floração e enchimento dos frutos (Lima *et al.* 2012).

É possível identificar a deficiência hídrica nas bananeiras através de amarelecimento das folhas com aspectos ressecados, diâmetro do caule reduzido e frutos finos. Em casos de

enchimento do solo, deve ser drenado o excesso de água em no máximo 2 horas e o lençol freático deve atingir 1 metro de profundidade em 24 horas (Lima *et al.* 2012).

Em solos mais profundos com boa capacidade de retenção de umidade, a exigência de água pode ser de 100 mm/mês. Solos com menor capacidade de retenção 180 mm/mês (Pereira *et al.* 2002). A deficiência temporária de umidade no solo, causa sérios danos a planta. Afeta a taxa de desenvolvimento das folhas no período vegetativo, e em períodos mais grave como nas fases de diferenciação floral (período floral) e no início da frutificação. Em deficiência hídrica no solo, a roseta foliar comprime-se, dificultando ou até mesmo impedindo o lançamento da inflorescência. A carência de água limita o crescimento, quantidade e enchimento dos frutos, consequentemente o cacho perde seu valor no mercado (Lima *et al.* 2012).

Solo aluvial profundo, rico em matéria orgânica, bem drenado e com boa capacidade de retenção de água, é o solo mais recomendado para bananeiras. Porém, a bananeira consegue se adaptar em diferentes tipos de solos. Os solos arenosos, devem ser evitados pois apresentam baixos teores de nutrientes e baixa capacidade de retenção de água, aumentando os custos de produção pela necessidade de adubação e práticas de irrigação frequentes. Por outro lado, os solos muito argilosos podem dificultar o crescimento das raízes da bananeira, além de prejudica-las pela má drenagem e aeração deficiente. Entre áreas com declive acentuado e áreas planas levemente onduladas, com declividade menor que 8%, é recomendado um local plano, para facilitar o manejo da cultura, a mecanização, práticas culturais, colheita e a conservação do solo (Borges *et al.* 2012).

É importante para a bananeira que a profundidade do solo tenha mais de 75 cm, sem qualquer impedimento, apesar das raízes da bananeira atingirem, em média, cerca de 40 cm. Solos com profundidade inferior a 25 cm são considerados inadequados para cultura, pois as plantas ficam sujeitas a tombamento (Borges *et al.* 2012).

É de fundamental importância a disponibilidade de oxigênio no solo, para um bom desenvolvimento do sistema radicular da bananeira. A má aeração do solo pode ser provocada tanto pela compactação como pelo encharcamento. Excesso de umidade no solo, pode causar danos irreversíveis no sistema radicular, na falta de oxigênio as raízes perdem a rigidez, adquirem uma cor cinza-azulada pálida e apodrecem rapidamente. Os solos cultivados com banana devem ter boa drenagem, para que o nível do lençol freático se mantenha a não menos que 1,80 metros de profundidade. O preparo adequado do solo é importante, pois favorece o crescimento e a produção das bananeiras. Tem-se um bom desenvolvimento do sistema radicular, ou seja, adquire-se boa

absorção de água e nutrientes; essencial para todas as operações subsequentes (calagem, adubação, entre outras). É indicado revolver o mínimo possível do solo, para evitar a quebra excessiva dos torrões e a pulverização do solo, reduzindo assim a formação de crostas superficiais e os efeitos da erosão. O preparo do solo com alta umidade aumenta a aderência aos implementos, tendo um maior risco de compactação, ao passo que solo muito seco exige gradagens para desfazer os torrões. É necessário trabalhar com o solo em umidade adequada. Para proteger o solo contra o impacto direto da chuva, reduzindo o fluxo e a velocidade das enxurradas e erosões, recomenda-se deixar o máximo de biomassa vegetal sobre a superfície do terreno. Esse procedimento ajuda também a conservar a umidade e amenizar a temperatura do solo. Deve ser subsolado de 50 cm a 70 cm de profundidade, áreas cultivadas por muito tempo com pastagens ou que apresente solos compactados ou endurecidos. Esse processo favorece o aprofundamento das raízes das bananeiras, melhora a infiltração da água, entre outros (Borges *et al.* 2004).

Vantagens da cobertura morta no plantio de bananeiras: Melhora as condições físicas do solo (estrutura, porosidade, aeração, entre outras); estimula a atividade biológica do solo; aumenta o peso do cacho, fruto e a produção da bananeira; aumenta os teores de nutrientes no solo, diminuindo a quantidade de adubos a serem aplicados. Reduz as capinas, pelo abafamento do mato, reduzindo seu crescimento; controla a erosão; controla a temperatura do solo; aumenta aproximadamente 90% o teor de água armazenado no solo em relação ao solo descoberto, ao longo do ano. Essa prática é de grande importância para regiões semiáridas (Borges *et al.* 2006a).

A biomassa da própria bananeira, representa grande volume de matéria orgânica, pois aproximadamente 2/3 da parte vegetativa da bananeira são devolvidos ao solo, ou seja, nas desfolhas normais, folhas cortadas no momento da colheita do cacho e pelo pseudocaule; chegando a atingir entre 10 t/há/ano a 15 t/há/ano. O volume da fitomassa da bananeira é insuficiente para uma cobertura contínua de toda área, porém uma alternativa para esse aproveitamento, é reduzir a área coberta, em fileiras simples, pode-se alternar uma entrelinha coberta com biomassa e outra descoberta. Em bananeiras plantadas em duas fileiras, depositar a biomassa no espaçamento largo. E nas áreas irrigadas, alternar as entrelinhas irrigadas com entrelinhas onde se utiliza cobertura morta. Na cobertura viva, é possível ajudar a cobrir o solo, cultivando plantas melhoradoras do solo nas entrelinhas do bananal, incluindo leguminosas e gramíneas isoladamente ou de preferência em associação; Plantas estas que devem ser semeadas no início do período das águas e ceifadas ao final deste, deixando a biomassa na superfície do solo, como cobertura morta. Em

áreas irrigadas, pode-se realizar o plantio em qualquer época do ano, e a ceifa deve ser feita apenas no início da floração, ou mesmo no início da produção de vagens (Lima *et al.* 2012).

A bananeira exige uma alta luminosidade. Valores inferiores a 1.000 horas de luz por ano levam a deficiência no desenvolvimento das plantas e em níveis excessivos altos pode causar a queima das folhas, principalmente na fase cartucho ou recém-abertas, ou seja, da mesma forma a inflorescência pode ser prejudicada. Ciclos vegetativos bem expostos a luz, pode se estender até 8,5 meses; Ciclos vegetativos em cultivos conduzidos a penumbra, ou seja, onde alguns pontos apenas captarão luz, estima-se 14 meses. O cacho da bananeira atinge o ponto de corte comercial em, 80 a 90 dias com alta luminosidade; 85 a 112 dias com baixa luminosidade e entre 90 a 100 dias sob a luminosidade intermediária (Lima *et al.* 2003).

Os ventos secos provocam desidratação da planta em decorrência da evaporação elevada, fendilhamento das nervuras secundárias, diminuição da área foliar pela dilaceração da folha fendilhada, rompimento de raízes e quebra ou tombamento da planta. Ventos frios provocam os mesmos prejuízos causados pelos ventos secos mais o chilling ou “friagem”. Velocidades entre 40 km e 55 km/hora produzem danos moderados, como o desprendimento parcial ou total da planta, a quebra do pseudocaulo e outras injúrias que dependem da idade da planta, do cultivar, de seu desenvolvimento e altura. Superior a 55 km/h, a destruição pode ser total. Recomenda-se quebra-ventos como cortinas de bambu, árvores com copa cilíndrica bem enfolhada e de porte alto, cuja altura atinge geralmente de 15 m a 20 m. O renque de bambu pode ficar a uma distância de até 500 m (Lima *et al.* 2003).

A altitude influencia os fatores climáticos (temperatura, chuva, umidade relativa, luminosidade, entre outros) que afetam o crescimento e a produção da bananeira, essa altitude pode variar de 0 m a 1.000 m acima do nível do mar. Bananais sob as mesmas condições de cultivo, solos, chuvas e umidade evidenciam um aumento de 30 a 45 dias no ciclo de produção para cada 100 m de acréscimo na altitude (Borges *et al.* 2021b). A duração do ciclo da bananeira varia de acordo com sua altitude. Em regiões tropicais de baixa altitude (de 0 m a 300 m acima do nível do mar) o ciclo de produção da bananeira variou de 8 a 10 meses, ao passo que, em regiões localizadas a 900 m acima do nível do mar, foram necessários 18 meses para o ciclo completar-se (Cordeiro, 2000).

Em locais com médias anuais de umidade relativa superiores a 80%, a bananeira como uma planta típica de regiões tropicais úmidas, é favorecida com a emissão de inflorescência e uniformiza a coloração dos frutos, acelera a emissão das folhas e prolonga sua longevidade. Em casos de chuvas e temperaturas elevadas, a ocorrência de doenças fúngicas, principalmente a Sigatoka-amarela (Borges *et al.* 2021b). A água livre durante algumas horas causa germinação dos poros e conseqüentemente penetração das hifas fúngicas nos poros estomáticos das folhas nas bananeiras. Baixa umidades relativa do ar proporciona mais coriáceas e menor durabilidade (Lima *et al.* 2012).

#### 4.4 TÉCNICAS CULTURAIS

Controle de plantas espontâneas: É importante fazer a capina periodicamente, seja com tecnologia ou manualmente. Para evitar ferimentos nas raízes da bananeira, a capina com enxada deve ser o mais superficial possível, evitando a entrada de patógenos no sistema radicular. As plantas espontâneas rasteiras de cobertura boa ou leguminosas, recomenda-se seu manejo entre linhas de bananeiras, incrementando a fixação do oxigênio. A prática mantém a umidade do solo, favorece a ciclagem de nutrientes e impede a brotação de plantas espontâneas que competem e causam interferência no plantio, é o amontoado de diferentes materiais orgânicos perto do pseudocaule, sendo eles, folhas secas, capim cortado e pedaços picotados de pseudocaule após a colheita do cacho da bananeira (Puente *et al.* 2020).

A prática do desbaste visa manter a densidade do plantio das bananeiras. A cada ciclo de produção de bananeiras, deve-se deixar apenas uma mãe, um filho e um neto. Esse procedimento deve ser realizado, a partir de 20 cm a 30 cm das plantas filhos e netos. O corte do desbaste é realizado com terçado ou um facão, na parte aérea do filho e neto extra rente ao solo. Após esse procedimento, com um aparelho denominado Lurdinha, extrai-se a gema apical (Puente *et al.* 2020).

Outra prática é a desfolha, onde folhas secas, velhas e quebradas deve ser removidas, melhorando o arejamento e a iluminação interna do bananal, facilita o controle de pragas que utilizam as folhas como refúgio, e dos patógenos que estão nas folhas. Com um facão, em um movimento de baixo para cima, a retirada das folhas deve ser feita em seu pecíolo próximo do pseudocaule. Após esse procedimento, deve ser cortada em vários pequenos pedaços e colocados em torno das plantas, com o foco de melhoramento das propriedades físicas e químicas do solo. É importante passar um

pano molhado com água sanitária, no terçado (hipoclorito de sódio a 10%) antes de manejar a próxima planta, para evitar contaminação pelo bananal (Puente *et al.* 2020).

Retirar o coração da bananeira é muito importante, pois os nutrientes que iriam para o coração, são destinados a formação e enchimento dos frutos, acelerando o processo de maturação e melhorando sua qualidade. Após a retirada do coração, o peso da bananeira diminui, e seu risco de tombamento também. O coração pode ser cortado em pequenos pedaços e incorporado no solo, como adubo. A retirada do coração deve ser feita duas semanas após a emissão da última penca, por meio da sua quebra ou corte efetuado 10 a 15 cm abaixo (Puente *et al.* 2020).

O corte do pseudocaule deve ser realizado, logo após a colheita do cacho de banana, em um corte transversal na roseta foliar (primeiro corte). Logo em seguida, deixar os pedaços cortados e enleirados ao redor do bananal, para reciclar os nutrientes. Vinte e um dias depois deverá realizar o segundo corte de 20 a 30 cm do solo. O primeiro corte, irá transferir para os filhos, água, hormônios e nutrientes. O último corte, o pseudocaule cortado em pedaços, servirá de cobertura morta ao redor da touceira, permitindo um retorno ao solo de aproximadamente 66% da massa vegetal, promovendo melhorias físicas, químicas e biológicas no solo. O pseudocaule cortado impedirá que os moleques-da-bananeira e as brocas consigam crescer e se reproduzir, ou seja, não terão alimentos suficientes para se desenvolverem (Puente *et al.* 2020).

O método de proteção dos cachos tem por objetivo garantir a alta qualidade dos frutos, com demandas pelo mercado internacionais e pelos grandes centros consumidores do país. Essa prática ajuda a reduzir os danos nos frutos provocados pelo atrito das folhas nos cachos pela ação do vento, diminui doenças entre outros. O ensacamento dos frutos protege o cacho de produtos químicos, poeira, ventos frios, geadas entre outros. Outro benefício deste método é que o ensacamento, mantém constante e alta a temperatura em seu interior, acelerando a velocidade do desenvolvimento dos frutos. Os frutos ficam com uma coloração amarelo-claro mais uniforme, reforçando a elasticidade e espessura da casca, servindo como proteção em seu transporte. Esta técnica aumenta 25% no rendimento do cacho, ou seja, tamanho e diâmetro dos frutos, antecipando sua colheita (Revista Cultivar, 2015).

Para a proteção dos frutos se utiliza sacos de polietileno, com perfurações laterais que variam de 0,5 a 1,0 cm permitindo trocas gasosas entre os frutos e o exterior. Sua espessura varia de 0,05 a 0,06 mm e sua dimensão de 80x160 cm, mantendo-se como um cilindro oco, aberto em cima e em

baixo. Sua coloração pode ser encontrada em diferentes cores, dependendo das condições usadas: transparentes, comuns e de coloração gelo, em regiões de baixa incidência de pragas; transparentes, de coloração azul-celeste e impregnados ou não com inseticidas, para utilização em regiões com alta incidência de pragas; leitosos, que conferem maior proteção contra poeira, usados em regiões onde a insolação é intensa. Com um homem utilizando uma escada e ensacando manualmente, estima-se uma capacidade de 100 a 150 cachos/dia protegidos (Revista Cultivar, 2015).

Já com auxílio de equipamento, de 250 a 400 cachos/dia, dependendo da topografia do terreno ou altura da planta. Em plantas de porte grande, utiliza-se uma haste adicional, acoplada no equipamento (Revista Cultivar, 2015).

#### 4.5 NUTRIENTES

A bananeira é uma planta exigente, em relação aos nutrientes, pois além de ter uma alta produção de massa vegetativa, também absorve elevadas quantidades de elementos e estes são exportados para os frutos. Os macronutrientes mais absorvidos pelas bananeiras, sucessivamente são, potássio (K), nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e fósforo (P). Os micronutrientes mais absorvidos sucessivamente são, cloro (Cl), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu) (Borges *et al.* 2006a). O período de absorção dos nutrientes ocorre quando se tem um acúmulo de matéria seca. A absorção é pequena no início de seu estágio vegetativo, e a partir do 4º ou 5º mês até o florescimento, e crescimento passa a ter um alto acúmulo de matéria seca, conseqüentemente uma maior absorção dos nutrientes (Lima *et al.* 2012).

##### 4.5.1 Macronutrientes

O nitrogênio faz parte de moléculas de aminoácidos e proteínas, constituintes de bases nitrogenadas e ácidos nucleicos. É um nutriente essencial para formar a estrutura da planta, importante para o crescimento vegetativo, principalmente nos três primeiros meses, quando o meristema está em desenvolvimento. É um elemento responsável pelo aumento do número de pencas, emissão e crescimento de rebentos. Quando ocorre a deficiência desse nutriente, os sintomas são nítidos rapidamente, logo que, a bananeira não tem a capacidade de armazenamento

de N. As fontes de nitrogênio mais utilizadas são a ureia (440 g/kg de N) e o sulfato de amônio, que contém além de 200 g/kg de N, 230 g/kg de (S) enxofre (Lima *et al.* 2012).

O potássio é um nutriente predominantemente na forma iônica. Considerado o elemento mais importante para nutrição das bananeiras, representando a exportação de nutrientes pelos frutos. Essencial na produção dos frutos, alta resistência ao transporte, melhora sua qualidade, aumenta a quantidade de sólidos solúveis totais e açúcares e diminui a acidez da polpa. Sua fonte mais utilizada é o cloreto de potássio (580 g/kg de K<sub>2</sub>O), porém existe outras fontes como sulfato de potássio (500 g/kg de K<sub>2</sub>O e 160 g/kg de S), sulfato de potássio e magnésio (180 g/kg de K<sub>2</sub>O, 230 g/kg de S e 45 g/kg de Mg), e o nitrato de potássio (440 g/kg de K<sub>2</sub>O e 130 g/kg de N) (Lima *et al.* 2012).

O fósforo faz parte da estrutura química de compostos essenciais, como fosfolipídeos, coenzimas e ácidos nucleicos, responsável pelos processos de armazenamento e transferência de energia, favorece o desenvolvimento vegetativo em geral, sistema radicular e influencia as funções dos órgãos florais. O P pode ser suprido pelo superfosfato simples que, além do fósforo (180 g/kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), contém de 180 g/kg a 200 g/kg de Ca e de 100 g/kg a 120 g/kg de S, e pelo superfosfato triplo (420 g/kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (Lima *et al.* 2012).

O cálcio é constituinte estrutural dos pectatos de cada lamela média das células. Em quantidades adequadas nos tecidos, inibe a atividade de enzimas pectolíticas que dissolvem a lamela média. Normalmente suprido pela calagem (Lima *et al.* 2012).

O magnésio faz parte da molécula clorofila, ativando enzimas e participando dos processos de absorção iônica, fotossíntese e respiração. Esse elemento evita o surgimento do “azul da bananeira”, ou seja, uma deficiência de Mg induzida pelo excesso de K, quando se faz irrigação com águas calcárias. Normalmente, suprido pelo calcário dolomítico, outra maneira de suplementação é por via foliar ou via solo com sulfato de magnésio (170 g/kg de MgO) (Lima *et al.* 2012).

A deficiência do enxofre torna-se todas as folhas verde-pálida. Nas nervuras secundárias ocorre engrossamento. Os cachos ficam pequenos (Borges *et al.* 2006b).

#### **4.5.2 Micronutrientes**

O cloro é essencial na fotólise da água, sendo o íon cloreto (Cl<sup>-</sup>) imprescindível no desdobramento da molécula de água na fotossíntese. É o micronutriente mais absorvido pela

bananeira, por cloreto de potássio (KCl) ser o mais utilizado na adubação de bananeiras. Em altas concentrações podem levar a frutos sem enchimento e sem condições de comercialização. Teores de Cl da ordem de 9 g/kg a 18 g/kg de Cl, na folha, na época do florescimento, são considerados adequados. Valores acima de 35 g/kg de Cl são tóxicos (Lima *et al.* 2003).

A deficiência de manganês pode ocorrer em razão de calagem excessiva e alta matéria orgânica no solo. Prejudicando folhas jovens e medianas, com limbo apresentando clorose, surgindo o fungo *Deightonella torulosa*, que contamina os frutos da bananeira (Borges *et al.* 2006b).

É identificada a deficiência de ferro no surgimento de folhas jovens amarelas e cacho com pencas anormais e frutos curtos. Esse problema ocorre devido a calagem excessiva, umidade e alta matéria orgânica (Borges *et al.* 2006b).

A deficiência de zinco é identificada quando folhas jovens surgem reduzidas e com faixas amarelas em suas nervuras secundárias. Apresenta uma pigmentação avermelhada na face inferior das folhas jovens, frutos tortos e menores. Isso ocorre quando o solo não é rico em nutrientes, calagem e adubação fosfatada em excesso (Borges *et al.* 2006b).

A deficiência de boro é identificada em folhas novas com limbo e listras perpendiculares às nervuras secundárias e folhas deformadas (limbos incompletos); Os cachos ficam deformados com poucos frutos e atrofiado. Isto ocorre devido a pobreza do solo em matéria orgânica, acidez excessiva, lixiviação e seca (Borges *et al.* 2006b).

A deficiência de cobre apresenta em todas as folhas da bananeira com clorose generalizada e nervuras centrais dobram-se. Isto ocorre devido a solos pobres em nutrientes, com calagem e matéria orgânica excessiva (Borges *et al.* 2006b).

#### 4.6 ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Deve ser usada na cova, na forma de esterco bovino (10 a 15 litros/cova), esterco de galinha (3 a 5 litros/cova), torta de mamona (2 a 3 litros/cova) ou outros compostos disponíveis na região ou propriedade. O esterco deve estar curtido para aproveitá-lo. Recomenda-se adicionar anualmente 20m<sup>3</sup> de material orgânico/ha. Para os pequenos produtores, recomenda-se uma alternativa viável na cobertura do solo com resíduos vegetais de bananeiras (folhas e pseudocaule), aumentando os teores de nutrientes no solo, principalmente potássio (K) e cálcio (Ca), além de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo (Borges, 2021a).

#### 4.7 SANEAMENTO RURAL

O esgotamento sanitário tem por objetivo escoar e tratar os dejetos dos diversos aglomerados populacionais. É muito importante a coleta e tratamento do esgoto para saúde pública, evitando contaminações e doenças, além de preservar o meio ambiente. O saneamento básico está relacionado entre o controle e distribuição de recursos básicos a população, como abastecimento, tratamento e distribuição da água, esgoto sanitário, coleta e destino de lixo adequado, limpeza pública entre outros. No Brasil, na Lei n°. 11.445/2007 é definido o saneamento básico como sendo, um direito assegurado pela Constituição a partir de investimentos públicos na área. No entanto, apenas 53% da população brasileira tem acesso a rede coletora de esgoto, onde apenas 46% da totalidade de esgoto gerado no Brasil é tratado (Smiderle et al. 2020).

De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, a população rural do Brasil tem uma elevada carência de serviços de saneamento. Através de dados, constatou-se 33,4% apenas das residências, com redes de abastecimento de água com ou sem canalização interna e 66,6% das moradias rurais captando água de chafarizes e poços sem tratamento para consumo humano, sendo 46,57 % dessa parcela rural com canalização interna e 20,01 % sem canalização. A região Nordeste e Norte do Brasil possui a maior população rural, e como em outras regiões a grande maioria são as áreas mais pobres. No Estado de Mato Grosso, apenas 7 % dos domicílios rurais estão ligados a rede de distribuição de água, enquanto que no Estado de Sergipe é de 57 % (Resende et al. 2018).

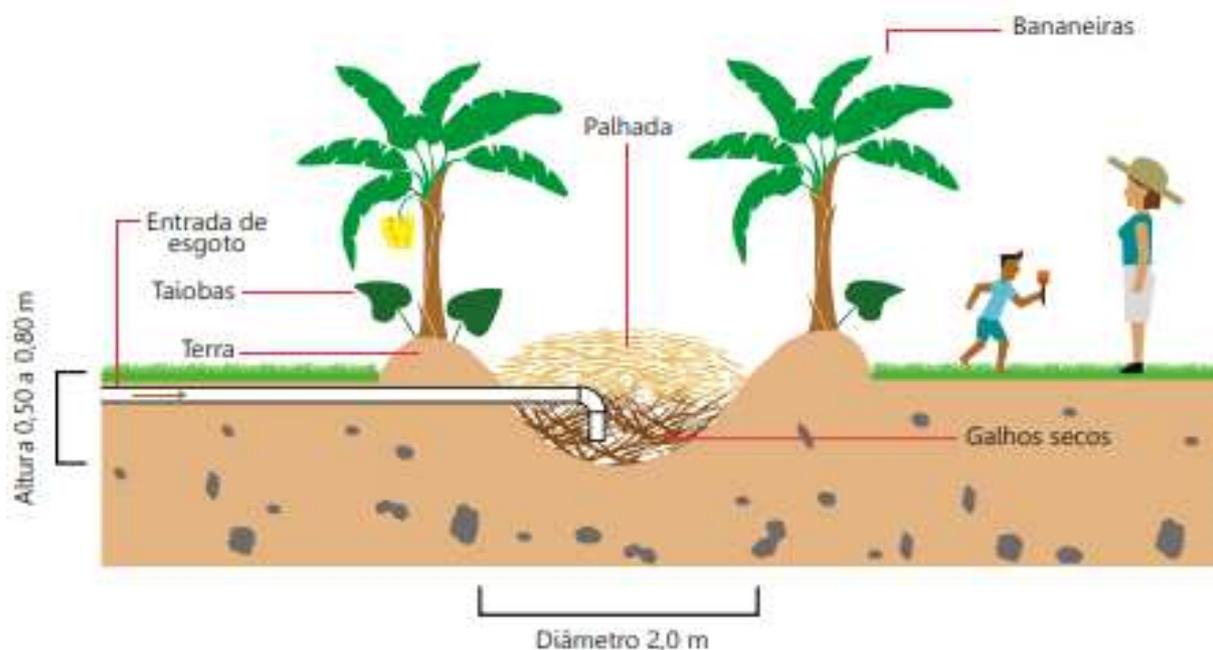
Segundo a PNAD, o esgotamento sanitário tem uma situação ainda mais crítica, quando comparado ao abastecimento de água. Com apenas 57,6 % dos domicílios brasileiros, ligados diretamente a rede coletora. Em análise focada em áreas rurais esse percentual é de 5,1 % dos domicílios rurais com coleta ligada diretamente a rede geral, 26,2 % utilizam fossa séptica (ligada ou não a rede coletora), 49,9 % fossa rudimentar e 11,4% não dispõem de nenhuma solução. Comparando todos os estados brasileiros, nas áreas rurais, a fossa rudimentar tem um percentual muito mais elevado do que os outros tipos de destino, exceto na Região Sul, em que o valor quase se iguala a fossa séptica não ligada a rede coletora, aproximando -se de 50 %, oposto do que se avaliou nas Regiões Norte e Nordeste com alto percentual de moradias sem soluções para o esgotamento (Resende *et al.* 2018).

O quadro é ainda mais discrepante quando se refere a coleta de resíduos sólidos, onde apenas 27 % dos domicílios rurais tem acesso a coleta direta de resíduos, contrastando com 92,2 % das moradias urbanas. Avaliando as regiões, é notório uma situação melhor em termos de coleta direta, na Região Sudeste com 16 % e Sul com 17,5 %, o que pode ser resultado de políticas públicas de limpeza urbana terem acesso as áreas rurais (Resende *et al.* 2018).

#### 4.8 CÍRCULO DE BANANEIRAS

O círculo de bananeiras é uma tecnologia social, usada para aproveitamento das águas cinzas, provenientes da cozinha, lavagem de roupa e chuveiro. Constitui-se em uma bacia escavada no centro da qual se cultiva bananeiras e outras plantas ao redor, com altas taxas de evapotranspiração. Os componentes poluentes do esgoto das águas cinzas, em sua maioria serve como nutrientes para as plantas, não havendo contaminação do interior dos tecidos e frutos da planta. O fundo da bacia deve ser preenchido com madeira e palhada, a parte vegetal servirá como uma esponja, retendo a matéria orgânica e nutrientes. Este processo se assemelha ao encontrado em uma composteira. As águas cinzas são conduzidas através de canos de PVC até a bacia. A camada de palhada na superfície tem como função principal evitar mal cheiro e presença de insetos.

No entorno do diâmetro do círculo, dentro da borda de referência, devem ser plantadas as bananeiras. As bananeiras através de suas raízes irão se nutrir do esgoto liberado no interior do sistema (Figueiredo *et al.* 2018).

**Figura 4 – Círculo de bananeira**

Fonte: (Figueiredo et al. 2018)

Além de manter a produção de bananeiras irrigadas e nutridas, o reuso de águas cinzas fomenta a recarga do lençol freático, diminui gastos com tratamento de água, reduz o volume de esgoto a ser tratado com outros sistemas e decresce custos com energia e produtos químicos (Reis, 2022).

Esse sistema impede que essas águas sejam descartadas diretamente no solo, causando prejuízos ao meio ambiente. É uma alternativa prática, barata e fácil de ser implantada, além de possibilitar uma boa produção de bananas. Possui baixo custo inicial e de manutenção, não utilizando produtos químicos, potencial paisagístico, redução de mal cheiro, entre outros (Reis, 2022).

O reuso da água e a conservação do solo são ferramentas imprescindíveis para conservação da vida no planeta terra. A falta de utilização adequada dos recursos existentes, agregam na poluição ambiental, formada pela extração excessiva de vegetações naturais, alta geração de dejetos, que passa a ser maior que a capacidade do ecossistema reciclar. Portanto, esses efeitos negativos ao ecossistema, precisa ser minimizado com implantações de projetos como o círculo de bananeiras, que atenda aos requisitos para diminuir a poluição do planeta terra (Reis, 2022).

## 5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

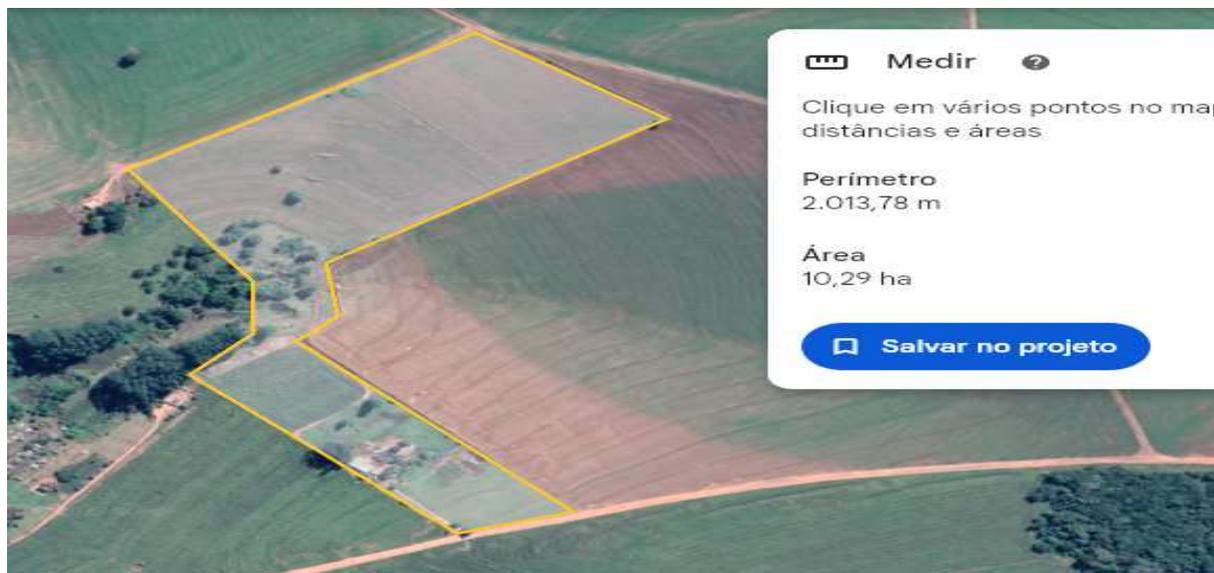
O experimento foi conduzido em uma propriedade rural localizada no município de Coronel Macedo-SP. Propriedade rural de solo argiloso, com aproximadamente 10 hectares, altitude 603m e coordenadas 23°41'53 S, 49°17'42" W. Uma imagem aérea da propriedade pode ser vista na figura 5.

Dois moradores são fixos e seis móveis, e sua renda familiar provém da produção de leite bovino e agricultura.

O esgoto de águas negras da residência, ou seja, do vaso sanitário, é direcionado para uma fossa rudimentar que consiste em um buraco no solo sem qualquer tipo de revestimento ou tratamento do esgoto. Já as águas cinzas eram lançadas diretamente sobre o solo do lado da residência, conforme ilustrado na figura 6 abaixo.

A água que chega na residência é obtida através de um reservatório subterrâneo, mais conhecido como mina. A água é bombeada até uma caixa de água, ao lado do domicílio, com controle automático de acionamento da bomba para abastecimento do reservatório.

**Figura 5** – Propriedade Rural



Fonte: Elaborado pela autora no Google Maps, 2022.

**Figura 6** – Lançamento das águas cinzas no círculo de bananeira



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

## 5.2 TRATAMENTOS

O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado, com 3 tratamentos e 4 repetições, totalizando 12 parcelas experimentais. Foram utilizadas mudas de bananeira de uma variedade de banana nanica (Grand Naine), propagadas em laboratório com a mesma genética e idade.

Foram utilizados os seguintes tratamentos:

**Tratamento A (Padrão comercial para sistema de cultivo orgânico):** Irrigação e adubação em conformidade com as recomendações disponíveis na literatura. Inicialmente 15 litros de água/dia por planta durante os três primeiros meses de experimento, e 20 litros/dia após (Basso *et al.* 2001). Cada planta com reposição de 10 a 15 litros de esterco bovino, a cada quinze dias (Borges, 2021a).

**Tratamento B (Controle):** Sem aporte de irrigação e adubação após o primeiro mês.

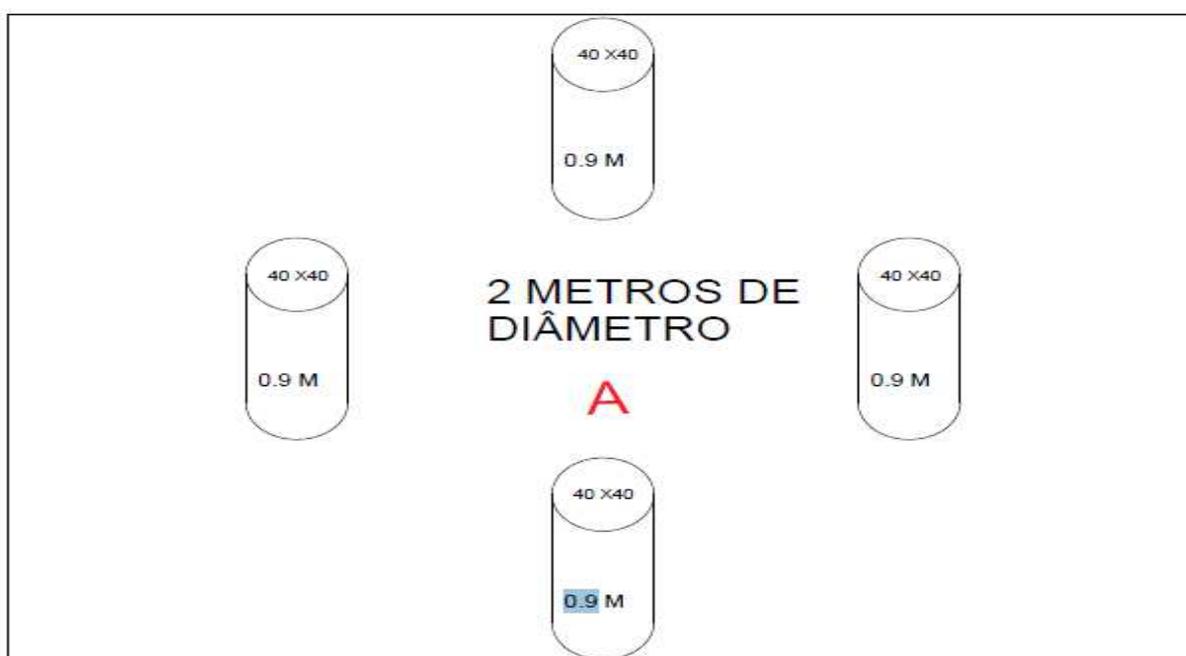
**Tratamento C (Círculo de bananeiras):** Fornecimento de águas cinzas da residência como única fonte de aporte de nutrientes e irrigação após o primeiro mês.

### 5.3 PREPARO DO PLANTIO

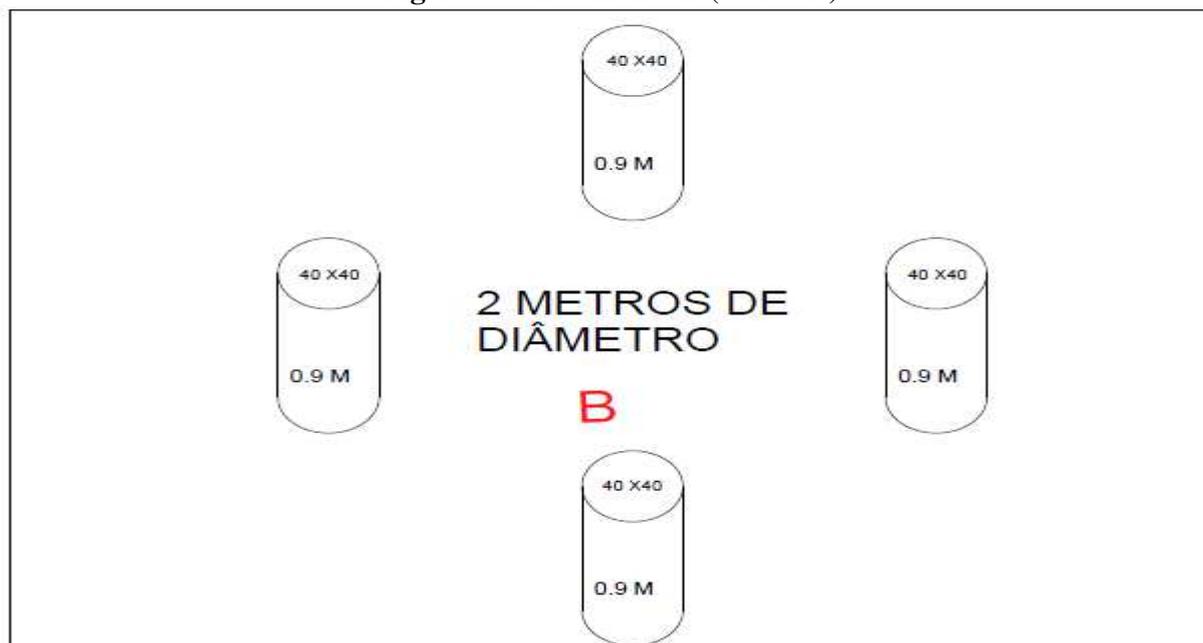
Foram escavados manualmente a cavidade do círculo de bananeiras e os berços para plantio das mudas nos dias 06 e 07 de dezembro de 2021.

O espaçamento entre as mudas dos três tratamentos foi o mesmo, seguindo as recomendações para plantio de um círculo de bananeiras (Figueiredo *et al.* 2018). O espaçamento e dimensões de berços para plantio está descrito nas figuras 7, 8 e 9. A disposição das mudas no terreno está representada na figura 10.

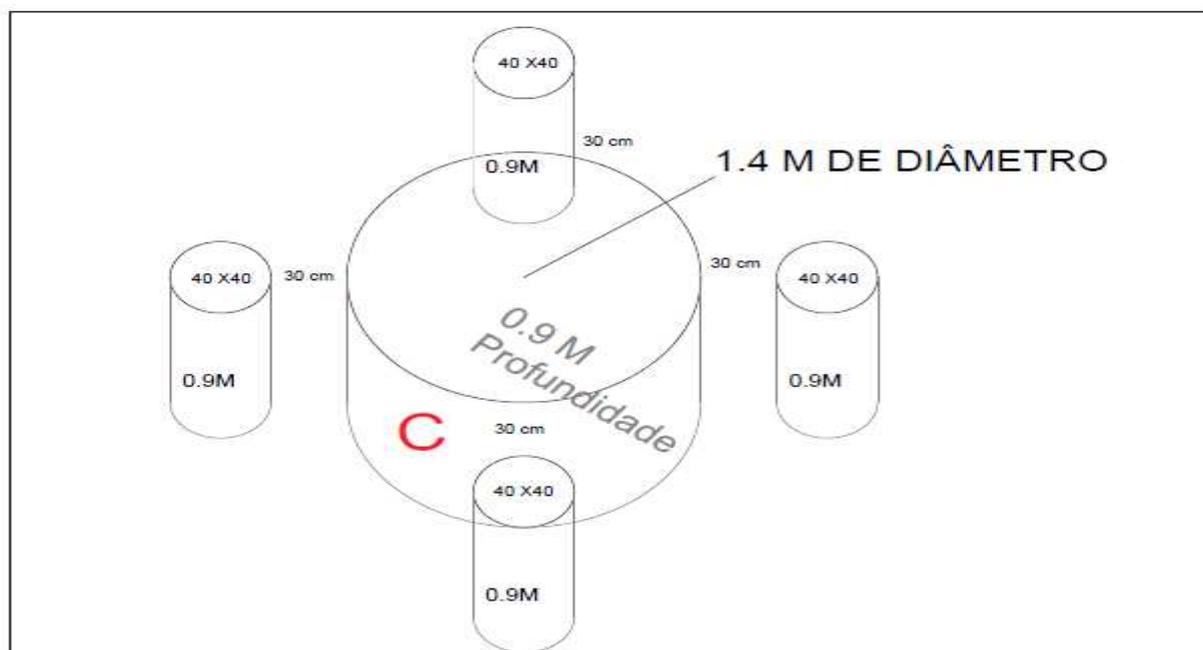
**Figura 7** – Tratamento A (Padrão Comercial)



Fonte: Elaborado pela autora no autocad, 2022.

**Figura 8 – Tratamento B (Controle)**

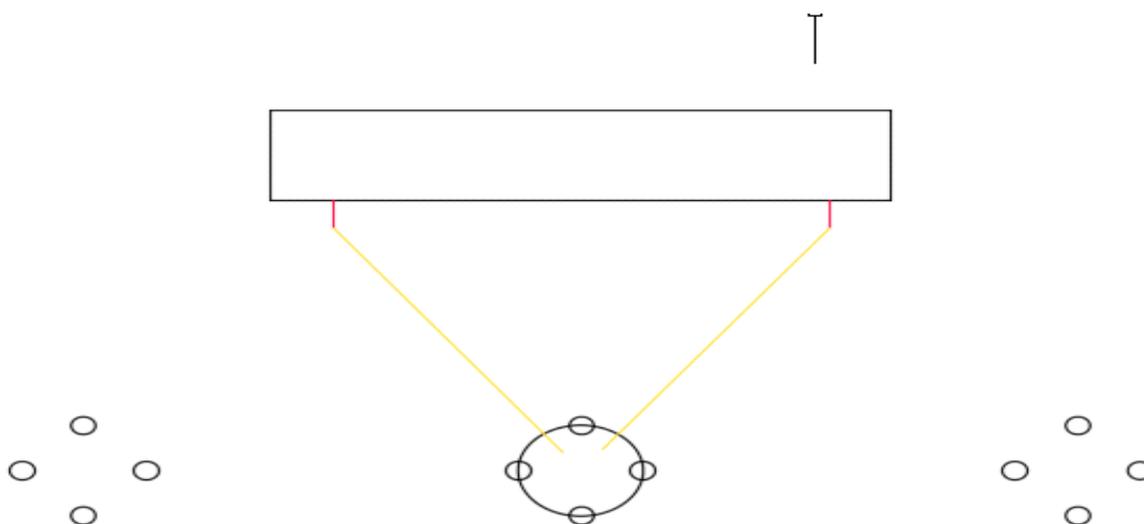
Fonte: Elaborado pela autora no autocad, 2022.

**Figura 9 – Tratamento C (Círculo de bananeiras)**

Fonte: Elaborado pela autora no autocad, 2022.

Apenas o tratamento C teve escavada a cavidade em forma de bacia, para entrada das águas cinzas, conforme figura 9.

**Figura 10** – Demonstração das duas tubulações de águas cinzas saindo da residência até a bacia do círculo de bananeira



Fonte: Elaborado pela autora no autocad, 2022.

#### 5.4 PLANTIO

O plantio das bananeiras foi efetuado no dia 10 de dezembro de 2021. Todas as plantas receberam 15 litros de esterco bovino misturado com a terra no plantio e 15 litros de água/dia durante os primeiros 30 dias. Nos dias onde ocorreu precipitação, não foi feita irrigação das plantas.

O sistema de tubulação do esgoto residual (águas cinzas), foi ligado ao círculo de bananeiras (tratamento C). A bacia foi preenchida com toras de madeira e palhada na sua camada superficial.

**Figura 11-** Bacia do círculo de bananeiras em fase de execução



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

**Figura 12 –** Plantio das mudas de bananeiras



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

## 5.5 PÓS PLANTIO

Diariamente foram irrigadas as 4 plantas do sistema padrão comercial (tratamento A), com aproximadamente 15 L de água/dia durante os três primeiros meses de experimento, e 20 litros/dia após. Nos dias onde ocorreu precipitação, não foi feita a irrigação das plantas.

O tratamento de controle (B) deixou de receber qualquer tipo de adubação e irrigação, além da água da chuva.

O círculo de bananeiras (tratamento C) recebeu somente as águas cinzas do esgoto residual até o final do experimento.

## 5.6 CONTROLE DAS VARIÁVEIS

O controle das variáveis foi realizado semanalmente com uma trena, em todas as bananeiras, dos três tratamentos no período de março de 2021 (60 dias após o plantio) até dezembro de 2021.

A medição do diâmetro do pseudocaule foi feita o mais próximo possível do solo. A altura com ponto inicial no solo e final até a ponta da folha mais alta.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância de experimentos inteiramente casualizados. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si, utilizando para isto, o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizada planilha de cálculo elaborada pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do teste de Tukey mostrados na tabela da figura 13 mostram que não houve diferença, dentro do nível de 5% de significância, entre as médias dos tratamento C (círculo de bananeiras) e A (padrão comercial). Contudo vale ressaltar a diferença significativa dos valores dos tratamentos A e C para o tratamento B (controle).

**Figura 13** – Diâmetro do pseudocaule

|             |                       |               |   |
|-------------|-----------------------|---------------|---|
| Projeto     | Círculo de bananeiras | Tratamentos   | 3 |
| Interessado | Amanda                | Nº repetições | 4 |
| Variável    | Diam. Pseudocaule     |               |   |

| Análise de variância | Delineam.: Interiamente casualizado |      |      |       |           |
|----------------------|-------------------------------------|------|------|-------|-----------|
| Causas               | GL                                  | SQ   | QM   | F     | Prob {>F} |
| Tratamentos          | 2                                   | 0,22 | 0,11 | 17,53 | 0,0008 ** |
| Resíduo              | 9                                   | 0,06 | 0,01 |       |           |
| Total                | 11                                  | 0,27 |      |       |           |

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Média geral                    | 0,73  |
| Desvio-padrão                  | 0,08  |
| Diferença mínima significativa | 0,16  |
| Coefficiente de variação %     | 10,79 |

| Teste de Tukey a 5% |               |
|---------------------|---------------|
| Tratamentos         | Médias Signif |
| C                   | 0,85 a        |
| A                   | 0,81 a        |
| B                   | 0,54 b        |

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

De forma similar ao encontrado para o diâmetro do pseudocaule, os resultados mostrados na tabela da figura 14, encontrados para a altura das plantas, não mostrou diferença entre as médias dos tratamento C (círculo de bananeiras) e A (padrão comercial). Da mesma forma, os valores tiveram uma diferença significativa para o tratamento B (controle).

**Figura 14** – Altura das plantas

| Variável                               | Altura                         |   |      |       |           |
|--|--------------------------------|---|------|-------|-----------|
| <b>Análise de variância</b>            |                                | <b>Delineam.: Interiramente casualizado</b> |      |       |           |
| Causas                                 | GL                             | SQ  | QM   | F     | Prob{>F}  |
| Tratamentos                            | 2                              | 1,01  | 0,51 | 18,44 | 0,0007 ** |
| Resíduo                                | 9                              | 0,25  | 0,03 |       |           |
| Total                                  | 11                             | 1,26  |      |       |           |
| Nível de significância: **: 1%; *: 5%. |                                |   |      |       |           |
|  | Média geral                    | 1,68  |      |       |           |
|  | Desvio-padrão                  | 0,17  |      |       |           |
|  | Diferença mínima significativa | 0,33  |      |       |           |
|  | Coefficiente de variação %     | 9,89  |      |       |           |

**Teste de Tukey a 5%**

| Tratamentos | Médias Signif |
|-------------|---------------|
| C           | 1,96 a        |
| A           | 1,79 a        |
| B           | 1,28 b        |

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

A tabela na figura 15 mostra dos resultados para a quantidade de mudas, sendo que o comportamento dos tratamentos se repetiu, não havendo diferença entre os resultados encontrados para os tratamentos C (círculo de bananeiras) e A (padrão comercial). Os dois apresentaram diferença bastante significativa para os resultados do tratamento controle B (controle).

**Figura 15 – Quantidade de mudas**

|             |                       |               |   |
|-------------|-----------------------|---------------|---|
| Projeto     | Círculo de bananeiras | Tratamentos   | 3 |
| Interessado | Amanda                | Nº repetições | 4 |
| Variável    | Qte de mudas          |               |   |

| Análise de variância | Delineam.: Interiamente casualizado |        |       |      |          |
|----------------------|-------------------------------------|--------|-------|------|----------|
| Causas               | GL                                  | SQ     | QM    | F    | Prob{>F} |
| Tratamentos          | 2                                   | 108,67 | 54,33 | 7,09 | 0,0142 * |
| Resíduo              | 9                                   | 69,00  | 7,67  |      |          |
| Total                | 11                                  | 177,67 |       |      |          |

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Média geral                    | 5,17  |
| Desvio-padrão                  | 2,77  |
| Diferença mínima significativa | 5,47  |
| Coefficiente de variação %     | 53,59 |

Teste de Tukey a 5%

| Tratamentos | Médias | Signif |
|-------------|--------|--------|
| C           | 8,00   | a      |
| A           | 6,50   | a      |
| B           | 1,00   | b      |

Obs.: letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

A análise estatística dos resultados para diâmetro de pseudocaule, altura das plantas e número de mudas mostrou que os tratamentos C (círculo de bananeiras) e A (padrão comercial) não mostraram diferença significativa entre si. Ou seja, o desenvolvimento das plantas do círculo de bananeiras obteve um resultado similar ao tratamento de padrão comercial.

**Figura 16** – Análise das variáveis

| Análise de variância | Diam.<br>Pseudocaule | Altura   | Qte de mudas |
|----------------------|----------------------|----------|--------------|
| GL resíduo           | 9                    | 9        | 9            |
| F tratamentos        | 17,53 **             | 18,44 ** | 7,09 *       |
| Média geral          | 0,73                 | 1,68     | 5,17         |
| Desvio-padrão        | 0,08                 | 0,17     | 2,77         |
| DMS (5%)             | 0,16                 | 0,33     | 5,47         |
| CV (%)               | 10,79                | 9,89     | 53,59        |
| -----                |                      |          |              |
| Teste de Tukey a 5%: |                      |          |              |
| A                    | 0,81 a               | 1,79 a   | 6,50 a       |
| B                    | 0,54 b               | 1,28 b   | 1,00 b       |
| C                    | 0,85 a               | 1,96 a   | 8,00 a       |

Nível de significância: \*\*: 1%; \*: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

## 7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos não mostraram diferença, dentro do nível de 5% de significância do teste de Tukey, no desenvolvimento de bananeiras no círculo de bananeiras e recebendo somente águas cinzas de uma residência, quando comparadas com aquelas que receberam um tratamento utilizado no manejo comercial em sistema de produção orgânica. Foram avaliados neste estudo diâmetro de pseudocaule, altura das plantas e quantidade de mudas.

Os resultados obtidos para o tratamento controle, onde as plantas não receberam nenhum tipo de irrigação ou adubação de cobertura, mostraram um desenvolvimento bastante inferior ao encontrado para os dois tratamentos citados acima.

Pode-se concluir que as bananeiras quando utilizadas em círculos de bananeiras para o tratamento de águas cinzas apresentam desenvolvimento bastante positivo. Dessa forma conclui-se que o círculo de bananeiras, com sua simplicidade construtiva e baixo custo, se apresenta como uma interessante solução para o tratamento de águas cinzas em ambientes não atendidos por sistemas de coleta e tratamento de esgoto.

Estudos posteriores e de maior duração podem ser conduzidos com o intuito de verificar a produtividade de bananeiras presentes em círculos de bananeiras.

## 8. REFERÊNCIAS

BATISTA, C. 2023. **Água**. Site Toda Matéria, [s.d.]. acesso em 03 fevereiro de 2024. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/agua/>>.

BASSOI, L. H. et al, 2001. **Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão**. Artigo Embrapa. Petrolina, PE. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/151146/consumo-de-agua-e-coeficiente-de-cultura-em-bananeira-irrigada-por-microaspersao>>.

BORGES, A. L., 2021a. **Banana, adubação** – Site Embrapa. 08/12/2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/banana/pre-producao/manejo/adubacao/adubacao>>.

BORGES, A. L. et al. 2021b. **Banana- Relações/ Clima**. Site EMBRAPA - Publicado em 08/12/2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/banana/pre-producao/especie/relacoes/clima#:~:text=Temperatura,ao%20crescimento%20m%C3%A1ximo%20da%20planta.>>.

BORGES, A. L. et al. 2012. **Sistema de produção Embrapa** – Cultivo da Bananeira ‘BRS platina’. Artigo. EMBRAPA. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/941101/sistema-de-producao-cultivo-da-bananeira-brs-platina>>.

BORGES, A. L. et al. 2004. **O cultivo da bananeira**; Artigo EMBRAPA; Cruz das Almas- BA. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142900/1/Livro-Banana.pdf>>.

BORGES, A. L. et al. 2006a. **Cultivo Orgânico da bananeira**. Artigo EMBRAPA, Cruz das Almas-BA. Disponível em: <<https://ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2012/10/CULTIVO-ORG%C3%82NICO-DE-BANANEIRA.pdf>>.

BORGES, A. L. et al. 2006b. **Avaliação do Estado Nutricional da bananeira**- Diagnose Visual. Artigo Embrapa, Cruz das Almas- BA. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1028198/1/ctecnico117.pdf>>.

CNA, 2021. **Dia Nacional da Banana; 22 de Setembro**. Site CNA SENAR. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/dia-da-banana-fruta-e-cultivada-em-todos-os-estados>>.

- CORDEIRO, Z. J. M. 2000. **Banana, produção e aspectos técnicos**. Artigo EMBRAPA- Brasília, DF. Disponível em: < <https://portalidea.com.br/cursos/3c3f4aefbc082b80411ab09634fc92a2.PDF>>.
- DOMINGUES, A. R. 2011. **Produção de banana “Nanicão”** (Musa sp, AAA) em clima Cwa. ESALQ/USP, Piracicaba- SP. Artigo. Disponível em: < [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-08022012-092250/publico/Andrea\\_Ribeiro\\_Domingues\\_revisada.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-08022012-092250/publico/Andrea_Ribeiro_Domingues_revisada.pdf)>.
- FILHO, J. A. S. 2016. **Cultivo e Produção de Banana**. ESALQ-USP, Piracicaba, SP. Artigo. Disponível em: < <http://www.esalq.usp.br/cprural/flipbook/pb/pb87/assets/basic-html/page21.html>>.
- FIGUEIREDO, I. C. S. et al., 2018. **Tratamento de esgoto na zona rural: Fossa verde e Círculo de bananeiras**. Unicamp – Campinas, SP. Projeto. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2017/11/Fossa-Verde-e-C%C3%ADrculo-de-Bananeiras-UNICAMP.pdf>>.
- LIMA, M.B. et al, 2012. **Banana – O produtor pergunta, a embrapa responde**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Mandioca e Fruticultura – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2º edição revista e ampliada. BRASILIA, DF. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101787/1/500perguntasbanana.pdf>>.
- LIMA, M. B. et al. 2003. **Banana**, Revista EMBRAPA. Brasília-DF. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/104897/1/500PBananaed012003.pdf> >.
- MEIRA, A. L. et al., **Escolha das espécies utilizadas como quebra-vento**. Fichas Agroecológicas, Tecnologias Apropriadas para Agricultura Orgânica. Práticas Convencionais. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-praticas-conservacionistas/3-escolha-das-especies-utilizadas-como-quebra-vento.pdf>>.
- PEREIRA, M. C. N. et al. 2002. **Manejo da cultura da bananeira no Estado do Amazonas**. EMBRAPA, Manaus – AM. Artigo. Disponível em: <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/10246/1/circ\\_tec10.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/10246/1/circ_tec10.pdf)>.
- PUENTE, R. J. A. et al., 2020. **Manejo no bananal**. Cartilha para Produtores Rurais com ênfase na produção de mudas a partir do fracionamento do rizoma. Editora INPA. Disponível em: < <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/36479/1/Cartilha%20Manejo%20do%20Bananal.pdf>>.

REIS, L. O., 2022. **Instrumento de avaliação do método círculo de bananeiras para o tratamento de efluentes domésticos**. Corrente, PI. Trabalho de Conclusão de Curso (artigo). Disponível em: <<http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/2015>>.

RESENDE, R. G. et al; 2018. **O saneamento rural no contexto brasileiro**; Revista Agrogeoambiental. 17/03/2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181027>>.

REVISTA CULTIVAR, 2015. Cacho protegido. Site Revista Cultivar. 10/11/2015. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/cacho-protegido>>.

SEJAS, R.P. **Caracterização da produção de banana (musa spp.) por agricultores familiares nos municípios de miracatu e sete barras e análise de perspectivas via matriz swot**. Sorocaba, 2021. Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba. Departamento de Engenharia de Produção de Sorocaba. Sorocaba, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/15655/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20REBECA%20PARDO%20SEJAS%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

SILVA, S. et al. **Melhoramento Genético da Bananeira: Estratégias e Tecnologia disponíveis**. Set 2013. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v.35, n. 3, p. 919-931, Setembro 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbf/a/9T8bBWPJKZbvWRdHDKdt5Ny/?lang=pt&format=pdf>>.

SMIDERLE, J. J. et al., 2020. **Reformulação do Marco Legal do Saneamento no Brasil**. Cartilha da Reformulação do Marco Legal do Saneamento no Brasil. Atualização - Abril/2020. FGV CERI Centro de Estudos em regulação e Infraestrutura. Disponível em: <[https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/2020-04/cartilha\\_reforma\\_saneamento\\_digital.pdf.pdf](https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/2020-04/cartilha_reforma_saneamento_digital.pdf.pdf)>.